



**Artur Daniel dos
Santos Melo**

**Análise Tecno-Económica de Redes de
Telecomunicações: Ferramentas Web**



**Artur Daniel dos
Santos Melo**

**Análise Tecno-Económica de Redes de
Telecomunicações: Ferramentas Web**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrónica e de Telecomunicações (Mestrado Integrado), realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Aníbal Manuel de Oliveira Duarte, Professor Catedrático do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

o júri

Presidente

Professor Doutor José Carlos da Silva Neves

Professor Catedrático do Departamento de Electrónica,
Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

Vogal – Arguente Principal

Mestre Ricardo Jorge Moreira Ferreira

Gestor na PT Inovação

Vogal - Orientador

Professor Doutor Aníbal Manuel de Oliveira Duarte

Professor Catedrático do Departamento de Electrónica,
Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

**agradecimentos/
acknowledgements**

Gostaria de expressar a minha gratidão ao Prof. A. Manuel de Oliveira Duarte pela oportunidade apresentada para realizar este trabalho e ao meu colega e amigo Engº. Hugo Félix pela preciosa ajuda durante o seu desenvolvimento. Agradeço também a toda a minha família, em especial aos meus pais, irmãos e avós pelo apoio dado ao longo do meu percurso académico. À minha companheira Liliana pela paciência nestes últimos meses. Aos amigos que sempre me acompanharam ao longo deste período pela sua amizade ao longo destes anos. E a todos os outros colegas que por algum motivo marcaram a minha vida académica.

palavras-chave

Análise técnico-económica, sistemas de informação, redes de acesso, ferramenta Web, ferramenta didáctica, mercado, concorrência, planeamento.

resumo

Esta dissertação trata de vários aspectos relacionados com engenharia e análise tecno-económica associados a redes de nova geração. Pretende-se aplicar numa única ferramenta a análise de algumas componentes técnicas de engenharia conjugadas com alguns indicadores económicos e financeiros, numa tentativa de estudar a viabilidade económica de alguns projectos de redes de telecomunicações.

A evolução das tecnologias de informação e comunicação leva a que nos dias de hoje estas sejam fundamentais no desenvolvimento económico e social. No entanto, é necessário sensibilizar os futuros profissionais na área das tecnologias de informação e comunicação para os modelos de negócio associados a esta área, nomeadamente nas redes de telecomunicações.

Torna-se assim necessário dotar os alunos de conhecimentos acerca das técnicas de análise tecno-económica utilizadas no contexto de projectos de investimento nas redes de telecomunicações.

A principal finalidade deste trabalho é obter uma ferramenta Web de índole didáctica que ajude os alunos da área das tecnologias de informação e comunicação a compreender diversos tópicos. A dinâmica de mercado e os modelos de negócio das telecomunicações, bem como a sua relação com os aspectos de engenharia são alguns dos tópicos abordados.

keywords

Techno-economic analysis, information systems, access networks didactic tool, Web tool, market, competition, forethought.

abstract

This dissertation considers several aspects concerning engineering and techno-economics analysis related to new generation networks. It is intended to apply in a single tool the analysis of some technical engineering components coupled with some economic and financial indicators, in an attempt to study the economic feasibility of some telecommunication networks based projects.

The evolution of the information technologies is nowadays fundamental for the social and economic development. However, it's necessary to sensitize the future professionals in this field for the business models related to this area, particularly in telecommunication networks.

It thus becomes necessary to provide the students with the knowledge of techniques used in the techno-economic analysis, in the context of investment projects in the area of telecommunication networks.

The main purpose of this study is to create a Web tool for teaching character to help the information technology students to understand several topics. The market dynamics and business models of telecommunications, as well as its relationship to the engineering are some of the topics covered.

Índice

Índice	i
Índice de Figuras	v
Índice de Tabelas	ix
Índice de Equações.....	xi
Siglas e Acrónimos	xiii
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Motivação	1
1.3 Objectivos.....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	2
2 Redes de Telecomunicações	3
2.1 Estrutura das redes de telecomunicações	3
2.1.1 Rede nuclear	4
2.1.2 Rede de acesso	4
2.1.3 Rede do cliente	6
2.2 Tecnologias da Rede Acesso	6
2.2.1 Redes Celulares.....	7
2.2.2 Redes cabladas	10
3 Conceitos Económicos e de Análise de Mercado	13
3.1 Análise Tecno-Económica.....	13
3.1.1 Noções Gerais	15
3.1.2 O efeito do tempo no valor do dinheiro e dos bens.....	16
3.1.3 Custos.....	17
3.1.4 Proveitos	18
3.1.5 <i>Cash-Flow</i>	18
3.1.6 Principais indicadores para avaliação de projectos de investimento	20
3.1.7 Principais indicadores económicos para avaliação de empresas	22
3.2 Evolução de mercado.....	24
3.2.1 Taxa de penetração global.....	24
3.2.2 Taxa de penetração de uma tecnologia com abandono posterior	26
3.3 Concorrência no mercado	27
3.3.1 Evolução do número de clientes para um dado operador	28
3.3.2 Qualidade de um operador	29
3.4 Equipamentos.....	30
3.4.1 Evolução dos preços dos equipamentos	30
3.4.2 Capacidade dos equipamentos	31
4 A plataforma a desenvolver.....	33
4.1 Dinâmica da simulação.....	33

4.2	Dados a modelar	33
4.2.1	Utilizador	34
4.2.2	Cenário	34
4.2.3	Tecnologias presentes num cenário e comportamento do mesmo ao longo do tempo de simulação	37
4.2.4	Arquitecturas de rede	38
4.2.5	Operador	39
4.2.6	Tomadas de decisão.....	41
4.2.7	Desempenho de um operador ao longo da simulação	42
4.2.8	Biblioteca de tecnologias/arquitecturas	43
4.2.9	Customização	44
4.3	Arquitectura da ferramenta a desenvolver	44
4.4	Funcionalidades.....	45
4.4.1	Perfis de utilizadores.....	45
4.4.2	Requisitos.....	45
5	Implementação da plataforma <i>Web</i>	49
5.1	Arquitectura da ferramenta implementada	49
5.2	Base de dados.....	50
5.3	Especificidades da implementação	50
5.3.1	Autenticação de utilizadores.....	50
5.3.2	Noção de tempo	51
5.3.3	Pontos de flexibilidade da rede de acesso	51
5.4	Estado da implementação	51
5.5	Interface de utilizador	54
5.5.1	Vista de utilizador não autenticado	54
5.5.2	Vista do utilizador autenticado (enquanto gestor).....	57
5.5.3	Vista do utilizador autenticado (enquanto jogador)	63
5.5.4	Vista do administrador.....	69
5.5.5	Modo de demonstração.....	71
5.6	Testes e validação	72
5.6.1	Enquadramento da simulação	75
5.6.2	Resultados da simulação	78
5.6.3	Resultados económicos relevantes.....	80
6	Considerações finais	83
6.1	Conclusões.....	83
6.2	Trabalho futuro	84
7	Referências bibliográficas.....	85
Apêndice A.	Ferramentas de suporte à análise tecno-económica	87
A.1	Cesim SimFirm	88
A.2	TEA Tool	88
A.3	Tonic tool	89
A.4	Strategic Telecoms Evaluation Model (STEM).....	90

A.5 Ferramenta elaborada no trabalho descrito em [8]	90
A.6 Análise das ferramentas apresentadas	91
Apêndice B. Diagrama de classes	93
Apêndice C. Ferramentas e tecnologias usadas no desenvolvimento da plataforma ..	95
C.1 Ubuntu Server	95
C.2 Apache.....	96
C.3 MySQL Server	97
C.4 PHP	97
C.5 Symfony	98
C.5.1 Model-View-Controller (MVC)	98
C.5.2 Doctrine ORM	99
C.6 Eclipse IDE	99
C.7 JavaScript.....	100
C.7.1 jQuery.....	100
C.7.2 Flot.....	100
C.7.3 AJAX.....	101
Apêndice D. Diagrama físico da base de dados	103

Índice de Figuras

Figura 2-1. Estrutura global das redes de telecomunicações [1]	3
Figura 2-2. Principais segmentos das redes de telecomunicações [1]	4
Figura 2-3. Rede doméstica.....	6
Figura 2-4. Arquitecturas HSPA e LTE [2]	9
Figura 2-5. Arquitectura de uma rede ADSL	10
Figura 2-6. Variantes da sigla FTTx [13].....	12
Figura 3-1. Estrutura da ferramenta de análise tecno-económica [1]	14
Figura 3-2. Cálculo do Cash-Flow [5]	19
Figura 3-3. Comportamento habitual do VAL em função da taxa de actualização	21
Figura 3-4. Evolução do mercado ao longo do tempo.....	25
Figura 3-5. Comportamento global do mercado com transição de tecnologias [19]	27
Figura 4-1. Dinâmica da simulação implementada	33
Figura 4-2. Definição da classe de um utilizador	34
Figura 4-3. Relações existentes entre as classes que definem um cenário	34
Figura 4-4. Relações existentes entre um cenário, as tecnologias presentes no mesmo e os dados referentes ao comportamento da simulação do cenário ao longo do tempo	37
Figura 4-5. Relações existentes entre as tecnologias existentes num cenário e respectivas arquitecturas de rede.....	38
Figura 4-6. Relações entre elementos que definem um operador	39
Figura 4-7. Relações existentes entre elementos que definem as tomadas de decisão de um operador.....	41
Figura 4-8. Relações descritivas do desempenho de um operador ao longo de uma simulação	42
Figura 4-9. Relações entre as tecnologias, arquitecturas de rede e respectivos equipamentos	43
Figura 4-10. Definição da classe de customização.....	44
Figura 4-11. Arquitectura da ferramenta a implementar.....	44
Figura 5-1. Arquitectura da ferramenta implementada	49
Figura 5-2. Classes definidas segundo o padrão MVC.....	50
Figura 5-3. Esquema da estrutura das tipologias de rede que o sistema considera.....	51
Figura 5-4. Diagrama representativo dos perfis de utilizador	52
Figura 5-5. Vista da página inicial.....	55
Figura 5-6. Vista da página "Sobre"	55
Figura 5-7. Vista da página de créditos	56
Figura 5-8. Página de registo de um novo utilizador	56
Figura 5-9. Página para autenticação na ferramenta.....	57
Figura 5-10. Vista da página inicial enquanto “gestor”	57
Figura 5-11. Interface de listagem de cenários dos quais o utilizador é o responsável ...	58

Figura 5-12. Página para criação de um novo cenário	58
Figura 5-13. Separadores laterais disponíveis na página de um cenário	59
Figura 5-14. Página de erros após submeter formulário de dados com detalhes em falta	59
Figura 5-15. Página de edição dos detalhes de um cenário	60
Figura 5-16. Secção "Operators" dos detalhes de um cenário	61
Figura 5-17. Acções disponíveis num cenário cuja simulação ainda não foi iniciada	61
Figura 5-18. Acções disponíveis para um cenário com simulação a decorrer	61
Figura 5-19. Lista de operadores registados no cenário actual	62
Figura 5-20. Página de registo de novo operador para um cenário	62
Figura 5-21. Página de entrada quando um "jogador" inicia sessão	63
Figura 5-22. Menu superior no contexto de um cenário	63
Figura 5-23. Lista de tecnologias registadas para os meus operadores	64
Figura 5-24. Página de criação de uma nova tecnologia	64
Figura 5-25. Lista de arquitecturas de rede por tecnologia	65
Figura 5-26. Página para adição de arquitectura de rede	65
Figura 5-27. Página de edição com os detalhes da arquitectura de rede	66
Figura 5-28. Lista de equipamentos dos operadores do utilizador	67
Figura 5-29. Página para adição de novo equipamento a uma arquitectura de rede	67
Figura 5-30. Lista das tarifários de um dado operador	68
Figura 5-31. Página de criação de um novo tarifário	68
Figura 5-32. Menu com as opções de administração	69
Figura 5-33. Página de customização da ferramenta	70
Figura 5-34. Interface de listagem dos utilizadores registados	70
Figura 5-35. Página de edição de conta de utilizador por parte de um administrador	71
Figura 5-36. Página de <i>login</i> para acesso ao modo de demonstração	72
Figura 5-37. Menu superior no modo de demonstração	72
Figura 5-38. Exemplo de uma configuração ADSL	73
Figura 5-39. Exemplo de uma configuração FTTH	73
Figura 5-40. Solução FTTH com os diferentes itens e respectivos rácios	74
Figura 5-41. Curva logística de crescimento do mercado	75
Figura 5-42. Evolução da quota de mercado do operador ao longo do tempo	78
Figura 5-43. Resultados do Operador A no final da simulação	79
Figura 5-44. Resultados do Operador B no fim da simulação	79
Figura 5-45. Resultados do Operador C no fim da simulação	80
Figura 5-46. Evolução do cash-balance dos operadores presentes no caso de estudo	81
Figura A-1. Imagem ilustrativa do <i>TEA tool</i> para tecnologia WiMAX	89
Figura B-1. Diagrama de classes da ferramenta	93
Figura C-1. Arquitectura de um pacote de <i>software</i> LAMP	95
Figura C-2. Sondagem da cota de mercado dos vários <i>web servers</i> disponíveis (Outubro 2013) [21]	96
Figura C-3. Componentes do padrão MVC	98

Figura C-4. Funcionamento de um pedido AJAX [20].....	101
Figura D-1. Diagrama físico da base de dados.....	103

Índice de Tabelas

Tabela 3-1. Classificação dos equipamentos relativamente à sua constituição/finalidade [23]	30
Tabela 3-2. Classificação dos equipamentos segundo a idade da tecnologia [23]	31
Tabela 3-3. Classificação dos equipamentos relativamente à velocidade de implementação [23]	31
Tabela 4-1. Definição mínima de um utilizador	35
Tabela 4-2. Definição de um operador	35
Tabela 4-3. Descrição de um cenário	35
Tabela 4-4. Parâmetros económicos de um cenário	36
Tabela 4-5. Parâmetros de evolução de mercado de um cenário	36
Tabela 4-6. Descrição dos pesos do vector qualidade	36
Tabela 4-7. Descrição dos campos que descrevem a presença de uma tecnologia num dado cenário	37
Tabela 4-8. Descrição do mercado numa dada unidade de tempo simulada	38
Tabela 4-9. Descrição dos valores de referência para uma dada unidade de tempo simulada	38
Tabela 4-10. Descrição da evolução da penetração de uma tecnologia no mercado simulado ao longo do tempo	38
Tabela 4-11. Descrição de uma arquitectura de rede	39
Tabela 4-12. Descrição de um equipamento	39
Tabela 4-13. Descrição de um operador	40
Tabela 4-14. Descrição da estratégia de <i>upgrade</i> de um operador	40
Tabela 4-15. Descrição de um tarifário de um operador	40
Tabela 4-16. Descrição de um ponto de decisão associado a um operador	41
Tabela 4-17. Descrição de um ponto de decisão associado a um tarifário de um operador	41
Tabela 4-18. Descrição de um operador numa dada unidade de tempo	42
Tabela 4-19. Descrição dos valores para um tarifário ao longo do tempo	43
Tabela 4-20. Descrição dos valores referentes à aquisição de equipamentos numa dada unidade de tempo	43
Tabela 4-21. Descrição e estado dos casos de uso a implementar no utilizador do tipo Jogador	46
Tabela 4-22. Descrição dos casos de uso de um Gestor	47
Tabela 4-23. Descrição dos <i>use cases</i> do administrador	47
Tabela 5-1. Estado da implementação dos <i>use cases</i> definidos para o Jogador	53
Tabela 5-2. Estado da implementação dos <i>use cases</i> definidos para o Gestor	54
Tabela 5-3. Estado da implementação dos <i>use cases</i> definidos para o Administrador	54
Tabela 5-4. Custo e rácios de partilha dos vários equipamentos	74

Tabela 5-5. Estado inicial do mercado e ofertas dos operadores	76
Tabela 5-6. Distribuição de mercado ao fim de 12 unidades de tempo.....	76
Tabela 5-7. Ajustes efectuados à oferta dos operadores ao fim de 12 unidades de tempo	77
Tabela 5-8. Distribuição de mercado ao fim de 24 unidades de tempo.....	77
Tabela 5-9. Ajustes efectuados à oferta dos operadores ao fim de 24 unidades de tempo	78
Tabela 5-10. Distribuição de mercado no final da simulação (36 unidades de tempo) ...	78
Tabela 5-11. Resultados económicos mais relevantes dos vários operadores presentes no caso de estudo	80

Índice de Equações

Equação 3-1. Expressão de cálculo do <i>VAL</i> [23]	20
3-2. Cálculo do EBITDA	23
Equação 3-3. Evolução da penetração no mercado ao longo do tempo	25
Equação 3-4. Taxa de adesão de uma dada tecnologia [19]	26
Equação 3-5. Taxa de penetração da primeira tecnologia [19]	26
Equação 3-6. Taxa de penetração da segunda tecnologia [19]	26
Equação 3-7. Taxa de penetração da terceira tecnologia [19]	27
Equação 3-8. Cálculo da qualidade de referência do mercado para um dado instante [8]	28
Equação 3-9. Qualidade relativa de um operador [8]	28
Equação 3-10. Variação do mercado de um operador num dado instante [8]	28
Equação 3-11. Tamanho do mercado de um operador numa dada unidade de tempo [8]	28
Equação 3-12. Definição da qualidade de um operador numa determinada unidade de tempo	29
Equação 3-13. Evolução do preço de um equipamento ao longo do tempo [10]	30
Equação 3-14. Cálculo da capacidade, em número de equipamentos, para equipamentos sem-fio [11]	31

Siglas e Acrónimos

3GPP	<i>3rd Generation Partnership Project</i>
AID	<i>Ambiente Integrado de Desenvolvimento</i>
AJAX	<i>Asynchronous JavaScript And XML</i>
AMPU	<i>Average Margin Per User</i>
ARPU	<i>Average Return Per User</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
CAPEX	<i>CAPital EXpenditures</i>
CLR	<i>Common Language Runtime</i>
CO	<i>Central Office</i>
DOCSIS	<i>Digital Over Cable Service Interface Specification</i>
EBITDA	<i>Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization</i>
FTTx	<i>Fiber To The x</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GSBL	<i>Grupo Sistemas de Banda Larga</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
HSDPA	<i>High Speed Download Packet Access</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IRR	<i>Internal Return Rate</i>
LAMP	<i>Linux, Apache, MySQL, PHP</i>
LINQ	<i>Language INtegrated Query</i>
LTE	<i>Long-Term Evolution</i>
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
NPV	<i>Net Present Value</i>
OLE	<i>Object Linking and Embedding</i>
OPEX	<i>OPerational EXpenditures</i>
ORM	<i>Object Relational Mapper</i>
PHP	<i>PHP: Hypertext Preprocessor</i>
POTS	<i>Plain Old Telephony Service</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RDIS	<i>Rede Digital com Integração de Serviços</i>

SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
SGBD	Sistema de Gestão de Bases de Dados
SO	Sistema Operativo
SQL	<i>Structured Query Language</i>
STEM	<i>Strategic Telecoms Evaluation Model</i>
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
UA	Universidade de Aveiro
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
VAL	Valor Actual Líquido
Wi-Fi	<i>Wireless-Fidelity</i>
WiMAX	<i>Wireless Interoperability for Microwave Access</i>
xDSL	<i>Digital Subscriber Line</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>

1 Introdução

1.1 *Enquadramento*

Actualmente, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) são factores de grande importância para o desenvolvimento económico e social.

Com o evoluir destas tecnologias existe cada vez mais a possibilidade de as incorporar no dia-a-dia das pessoas e das organizações. Por estas razões as TIC são um factor decisivo na garantia de igualdade de oportunidades aos cidadãos, nas condições de sobrevivência e de competitividade das empresas e no desenvolvimento económico das sociedades modernas em geral.

A influência que as TIC assumem confere também uma grande importância à existência de profissionais devidamente qualificados nos vários domínios técnicos e científicos que estão na base destas tecnologias. Esta é uma responsabilidade das escolas, no que diz respeito à formação inicial, das organizações e dos próprios profissionais, no que diz respeito à actualização e formação ao longo da vida – um imperativo essencial em áreas de forte mutação, como é o caso das TIC.

1.2 *Motivação*

O trabalho descrito nesta dissertação visa contribuir para colmatar lacunas relativas à disponibilidade de recursos didácticos numa área de grande importância no contexto actual das TIC: trata-se da confluência entre a tecnologia das redes de telecomunicações e os modelos de negócio e operação destas redes.

O trabalho estará particularmente focado na análise tecno-económica de projectos de redes de acesso e na adaptação e disponibilização via *Web* de um conjunto de ferramentas. Estas ferramentas destinam-se a ajudar os estudantes compreender a dinâmica dos mercados de telecomunicações, nomeadamente os efeitos da concorrência e a sua relação com as escolhas da engenharia.

Por forma a melhor perceber as vantagens e desvantagens desta ferramenta face a outras presentes (ou não) no mercado, serão apresentadas algumas ferramentas criadas para análise tecno-económica no Apêndice A.

1.3 Objectivos

Este trabalho pretende contribuir para a compreensão dos aspectos económicos e de planeamento das redes de acesso de telecomunicações. O principal objectivo deste trabalho é disponibilizar um conjunto de ferramentas didácticas via *Web* com utilidade no contexto de projectos de engenharia de redes de acesso a serviços de banda larga.

Foi dada especial atenção nos seguintes aspectos:

- Disponibilização em ambiente *Web* de um conjunto de ferramentas de avaliação tecno-económica de redes de acesso de telecomunicações bem como de simulação de mercados;
- Familiarização com o estado da arte das tecnologias estruturantes das actuais redes de acesso;
- Familiarização com as técnicas de análise de projectos de investimento em redes de acesso.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em seis capítulos principais, sendo o primeiro deles este mesmo capítulo 1.

No capítulo 2 é feita uma análise do estado actual das redes de telecomunicações, nomeadamente no que diz respeito à sua estrutura e segmentação.

No capítulo 3 são apresentados alguns conceitos económicos utilizados no planeamento de projectos e de análise de mercado que servem de suporte ao trabalho desenvolvido.

No capítulo 4 é feita uma descrição da ferramenta desenvolvida no âmbito dos trabalhos executados para esta dissertação.

No capítulo 5 é apresentada uma descrição do estado actual da implementação da ferramenta *Web* criada, bem como da sua utilização.

Por último, no capítulo 6 são feitas algumas conclusões gerais relativamente a problemas encontrados e trabalho que poderá ser realizado no futuro de modo a enriquecer este projecto.

2 Redes de Telecomunicações

Tendo como objectivo principal desenvolver, de forma adequada, uma plataforma *Web* com as devidas funcionalidades para que se torne numa ferramenta de análise tecno-económica com utilidade, é necessário analisar o estado das redes de telecomunicações.

2.1 Estrutura das redes de telecomunicações

A infra-estrutura básica das redes de telecomunicações está representada na Figura 2-1, onde se podem identificar os diferentes segmentos de rede, que utilizam diferentes tecnologias de transmissão, comutação e encaminhamento. Verificamos também de que forma se interligam várias redes de telecomunicações, sejam elas fixas ou móveis.

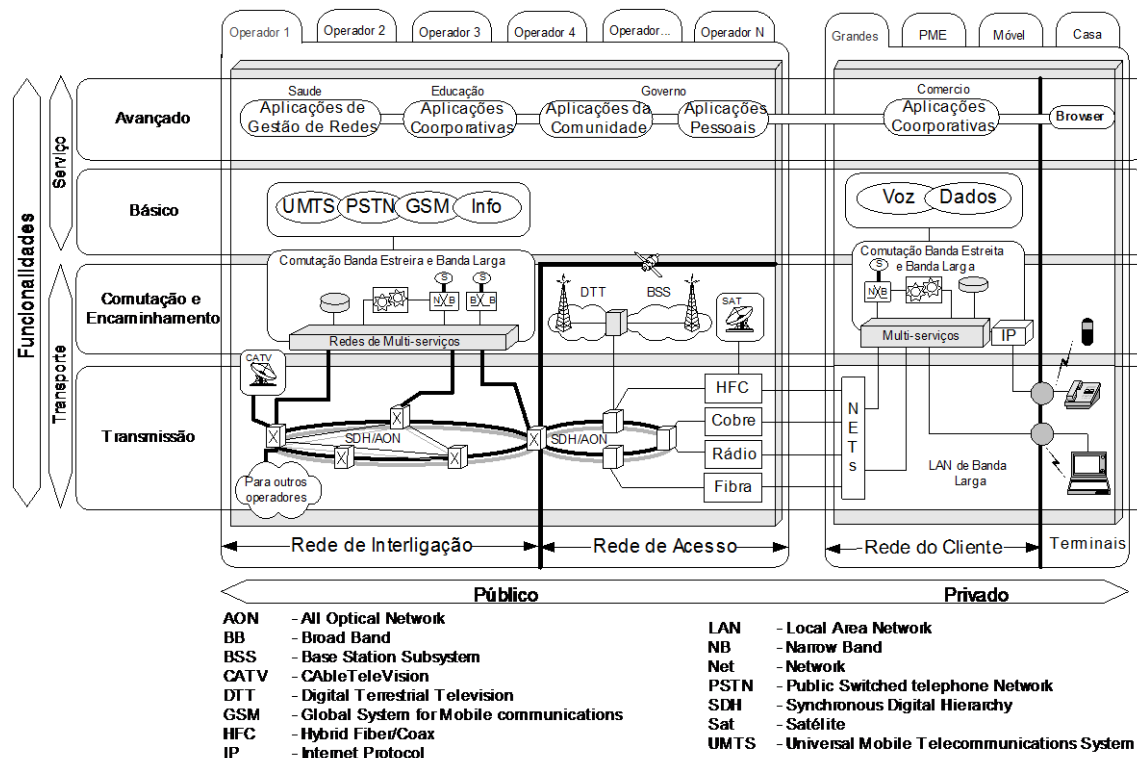


Figura 2-1. Estrutura global das redes de telecomunicações [1]

As redes de telecomunicações actuais estão organizadas tal como ilustrado na Figura 2-2. Como podemos verificar, estas encontram-se divididas em 3 grandes segmentos: a rede nuclear (em inglês *core network*), a rede de acesso e a rede do cliente.

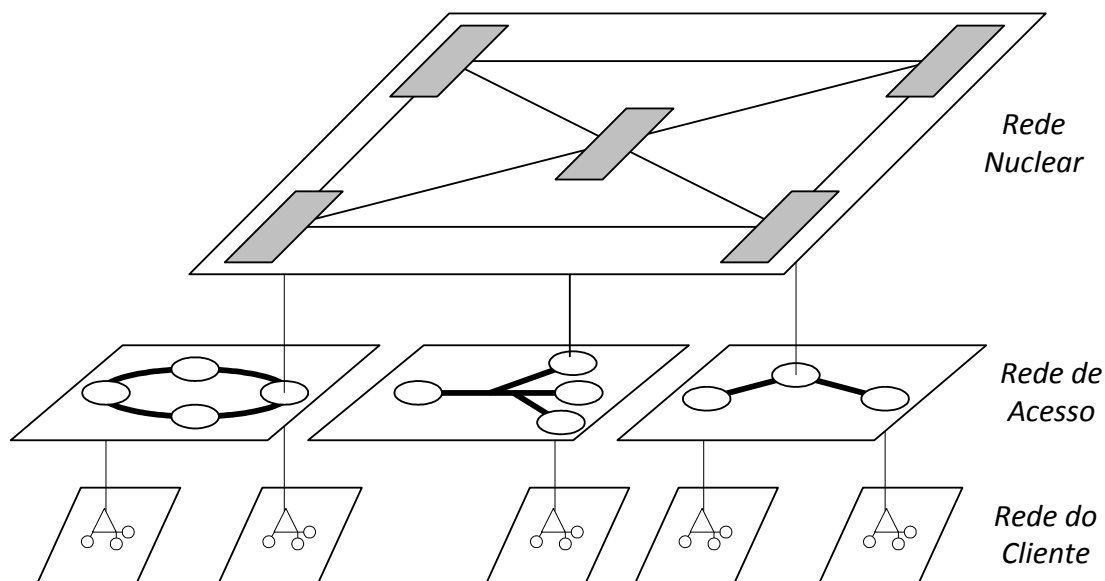


Figura 2-2. Principais segmentos das redes de telecomunicações [1]

2.1.1 Rede nuclear

Neste segmento da rede é feita a interligação entre as várias redes de acesso, bem como o transporte de dados a longa distância.

Ao nível da rede nuclear torna-se necessário garantir elevada qualidade na transmissão, o que faz com que as tecnologias presentes estejam em permanente desenvolvimento, com a finalidade de garantir taxas de transmissão cada vez maiores.

Actualmente, o grande enfoque encontra-se nos sistemas de transmissão óptica aliados às várias tecnologias *IP*, cujo uso tem vindo a ser generalizado nos últimos anos.

2.1.2 Rede de acesso

Num contexto histórico, as redes de acesso eram o segmento da rede que ligava o equipamento do cliente e os comutadores das centrais locais. Hoje em dia, ainda podemos encontrar, numa grande parte da infra-estrutura, equipamentos e meios de transmissão analógica. Isto resultou num estrangulamento de largura de banda imposto por este segmento. Actualmente, este estrangulamento é também agravado pelo aumento das necessidades de tráfego de dados por parte dos utilizadores.

No que toca a meios físicos de transmissão de dados, podemos dividi-los em quatro tipos:

- Par entrançado de cobre – Redes de pares de cobre entrançados, usadas como redes telefónicas (POTS *Plain Old Telephony Service*) e redes DSL (*Digital Subscriber Line*);
- Cabo coaxial de cobre – Inicialmente usado para a transmissão de televisão, é também utilizado actualmente para transmissão de dados e voz;
- *Wireless* – nas redes celulares (*GSM, UMTS, HSDPA, etc*);
 - Propagação em espaço livre;
- Fibra Óptica – inicialmente utilizada na rede *core*, para transmissões de alto débito, tem vindo gradualmente a ser também utilizada na rede de acesso. É considerada a opção com maior potencial de largura de banda para as novas redes de acesso (NRA).

Para a escolha de uma tecnologia, é necessário ter em conta alguns factores:

- O número de utilizadores que se pretende servir, uma vez que quanto maior for o número de utilizadores a partilhar uma rede em simultâneo, menor será a largura de banda média disponível para cada um;
- A distância é um factor muito importante, pois no caso de as comunicações serem feitas ao longo de grandes distâncias, estas podem ser afectadas por fenómenos de distorção, interferência, ruído e atenuação;
- E, apesar que não ser um ponto técnico, o custo é também um dos factores importantes para a escolha de uma tecnologia na implementação de um projecto em redes de telecomunicações.

No caso de redes *wireless*, quanto maior for a gama de frequências do espectro electromagnético utilizada, maior é a velocidade que pode ser alcançada. Para frequências mais baixas, conseguem-se alcançar maiores distâncias, com o custo de menor largura de banda. Em contra-partida, para frequências mais elevadas consegue-se obter uma largura de banda superior sendo no entanto o seu alcance reduzido.

2.1.3 Rede do cliente

A rede do cliente encontra-se na localização onde o cliente se encontra, vulgarmente num edifício ou numa fracção, e a sua função principal é providenciar a interligação entre os equipamentos do cliente e a rede de acesso.

Neste nível da rede, existe um desajuste relativamente às infra-estruturas que existem na rede de acesso: por exemplo, não é comum encontrar-se infra-estrutura destinada a redes de dados pré-instalada em edifícios. Isto leva a um estrangulamento neste nível da rede pois o aumento das necessidades dos utilizadores não é devidamente acompanhado por estas redes.

O protocolo dominante é o IP que vai ser encapsulado em *frames Ethernet*, que comunica com a restante rede local (LAN: *Local Area Network*). Esta comunicação pode ser por cabo (LAN) ou utilizar tecnologias *wireless* (WLAN: *Wireless Local Area Network*), segundo a norma IEEE 802.11.

A dimensão destas redes é variável e depende da dimensão e tipo de cliente.



Figura 2-3. Rede doméstica

2.2 Tecnologias da Rede Acesso

Mediante diversos factores como a geografia, a densidade populacional, o tipo de mercado, etc., é normal que existam diversas tecnologias de transmissão nas redes de acesso. As secções que se seguem visam apresentar uma breve descrição das diferentes tecnologias de transmissão das redes de acesso.

2.2.1 Redes Celulares

Uma rede celular é um tipo de rede onde vários transmissores fixos (estações base) fazem a cobertura de uma zona geográfica, por intermédio de sinais rádio. As áreas geográficas cobertas por cada estação base são denominadas de células. Quando juntas, estas células permitem a conectividade a grande área geográfica.

Estas redes podem servir um largo número de receptores portáteis, como telemóveis, permitindo a ligação entre os mesmos, estando eles fixos numa célula ou em movimento entre células durante a transmissão. Apresentam como principais vantagens face às redes cabladas a elevada cobertura, a possibilidade de permitir mobilidade e o baixo consumo eléctrico.

2.2.1.1 GSM

A rede telefónica móvel mais usada na Europa é a rede GSM (*Global Systems for Mobile communications*). Permite, de uma forma digital, a transmissão de voz, dados e mensagens curtas (SMS). Tem também funções de controlo adicionais como reencaminhamento de chamadas, barramento, aviso e suspensão de chamadas. Permite taxas de transmissão até 14.4 kbps. O sistema GSM fez a passagem das tecnologias analógicas do passado (1G) para a tecnologia digital, trazendo melhorias na segurança, robustez e fiabilidade.

2.2.1.2 GPRS

O GPRS (*General Packet Radio Service*) é uma evolução do sistema GSM, que introduziu a transmissão de dados com comutação de pacotes. A rede GPRS surgiu como uma evolução natural ao GSM, sendo que grande parte da implementação foi apenas um complemento à infra-estrutura existente do GSM. Com a sua introdução, passaram a existir duas redes em paralelo: rede de GSM responsável pelo tráfego de voz (comutação de circuitos) e a rede GPRS responsável pelo tráfego de dados (comutação de pacotes). Esta tecnologia permite a transmissão de dados até 171 Kbps.

2.2.1.3 UMTS

O UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) é uma das tecnologias de terceira geração (3G) das comunicações móveis que surgiu como evolução natural do GSM / GPRS permitindo fornecer serviços multimédia de alta velocidade. O UMTS

suporta serviços de dados desde 144 Kbps (para acesso móvel) até 2 Mbps (para um acesso *wireless* fixo) [13]. Esta tecnologia permite uma fácil interligação com outros sistemas de telecomunicações, tais como a PSTN ou uma rede de dados.

Um sistema UMTS pode ter por base um sistema de comunicações móveis já existente e, como tal, será possível ter equipamento de rádio capaz de acomodar sistemas como GSM, GPRS, EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*) e UMTS ao mesmo tempo [2].

2.2.1.4 HSPA

O HSPA (*High Speed Packet Access*) é uma tecnologia de transmissão de dados por pacotes, que permite que redes baseadas no sistema UMTS obtenham taxas de transmissão mais elevadas. Foi desenvolvida para cobrir uma falha existente nas redes UMTS, a ligação entre a rede móvel 3G e os serviços de Internet, permitindo sobrepor os vários protocolos que possibilitam uma comunicação por dados a alta velocidade, para vários utilizadores servidos pela mesma célula.

Estas redes permitem velocidades no sentido descendente (*downlink*) até 42 Mbps e velocidades no sentido ascendente de 5,76 Mbps. Valores teóricos para condições ideais pois para distâncias à antena de alguns Kms e vários utilizadores por célula ficam reduzidos a valores típicos na ordem dos 7 aos 15 Mbps.

2.2.1.5 LTE

Com a proliferação dos *smartphones*, a massificação no acesso à rede e a diversificação de conteúdos, surgiu a necessidade de uma tecnologia que permitisse maior largura de banda. A evolução natural está a acontecer sob a forma do LTE (*Long-Term Evolution*), também conhecido como *Evolved UMTS Terrestrial Radio Network (E-UTRAN)*. O LTE traz como vantagens principais a maior largura de banda para o utilizador, a maior capacidade por sector, mais mecanismos de suporte à mobilidade entre células e menor latência. A especificação do LTE apresenta taxas de *downlink* de 300 Mbps, *uplink* até 75Mbps e latências de transferência inferiores a 5ms.

Com o emergir do protocolo IP como protocolo de eleição para transportar todos os tipos de tráfego, está previsto que o LTE suporte tráfego IP com mecanismos de Qualidade de Serviço (QoS) ponto-a-ponto, sendo que também o tráfego de voz será

suportado maioritariamente com voz sobre IP (VoIP: *Voice Over IP*), permitindo assim uma melhor integração com outros serviços multimédia. Isto corresponde a uma mudança substancial de arquitectura, pois o LTE acaba com a comutação baseada em pacotes e circuitos (presente no UMTS) em favor de uma arquitectura totalmente IP – ver Figura 2-4.

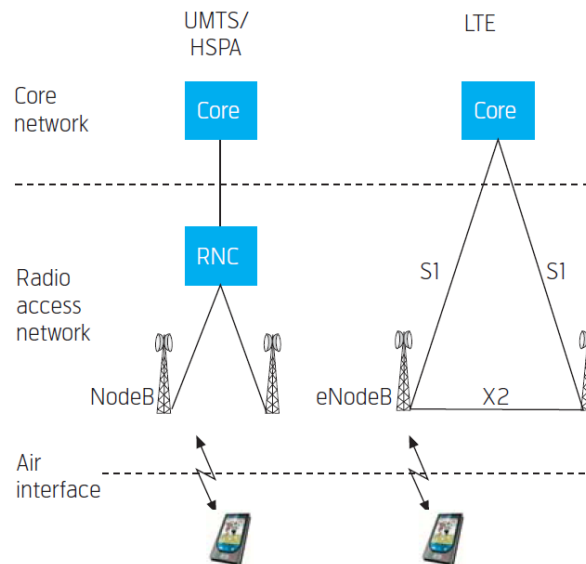


Figura 2-4. Arquitecturas HSPA e LTE [2]

Espera-se que esta tecnologia atinja os débitos partilhados na ordem dos 100 Mbps no sentido ascendente e 50Mbps no sentido descendente, valores máximos para condições óptimas que dificilmente conseguem ser atingidas nas redes comerciais actuais [14].

Esta tecnologia, normalizada pela versão 8 do 3GPP (3rd *Generation Partnership Project*) veio proporcionar melhorias, entre as quais:

- Baixas latências na transmissão de dados e de *handover*;
- Arquitectura de rede de baixa complexidade;
- Sistema optimizado para a transmissão baseada em comutação de pacotes (suporte de tráfego IP);
- Velocidades de transmissão superiores com uma qualidade de serviço melhorada;
- Reduções no investimento inicial necessário, uma vez que a implementação da tecnologia é incremental, implicando também uma redução nos custos operacionais.

2.2.2 Redes cabladas

2.2.2.1 Soluções baseadas em cabo de cobre (bifilar)

No passado, as redes baseadas em cobre foram implementadas para disponibilizar acesso telefónico a uma região. A sua cobertura no território nacional é hoje de perto de 100%, o que facilita a massificação desta tecnologia. O DSL (Digital Subscriber Line) é uma família de tecnologias que permite a transmissão digital de dados, utilizando as redes que tradicionalmente eram utilizadas unicamente pelo telefone. Surgiu com o objectivo de rentabilizar a infra-estrutura de cobre existente para a rede telefónica (rede PSTN), através do desenvolvimento de técnicas de modulação e compressão espectral. A sua arquitectura encontra-se descrita na Figura 2-5.

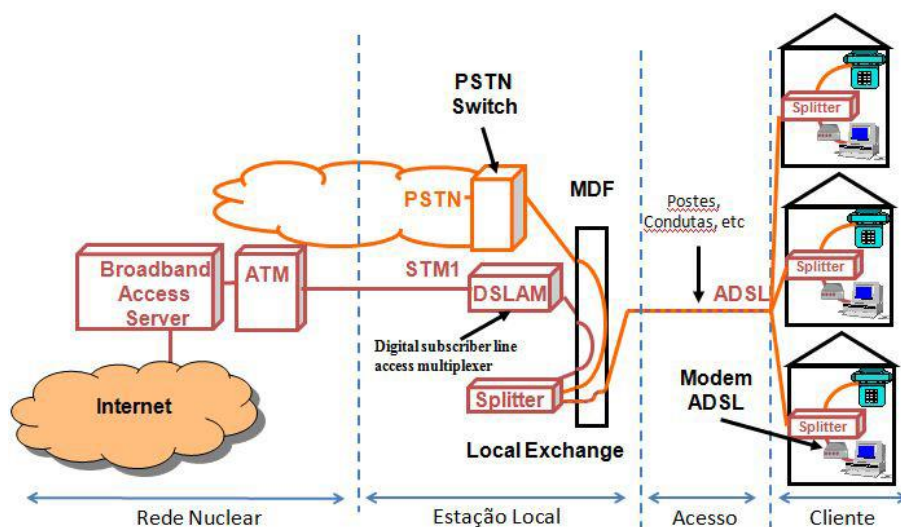


Figura 2-5. Arquitectura de uma rede ADSL

Em Portugal a tecnologia tipicamente disponibilizada pelos operadores é a ADSL (Asymmetric DSL) e a ADSL 2+, onde a ligação é assimétrica sendo a taxa de *download* bastante superior ao *upload*.

2.2.2.2 Esquema híbrido fibra / coaxial

O sistema híbrido de fibra óptica e cabo coaxial (HFC) é uma tecnologia para redes de acesso onde são utilizadas ligações que combinam fibra óptica e cabo coaxial.

Originalmente, as redes coaxiais foram implementadas para disponibilizar televisão analógica (CATV) em zonas onde a recepção do sinal de televisão por radiodifusão não era aceitável. Com a evolução, a tecnologia passou a permitir a

transmissão de dados o que levou à transformação da rede para que permitisse o tráfego de informação nos dois sentidos. Para permitir a disponibilização de uma maior largura de banda foram optimizados os cabos coaxiais para transmitirem numa maior gama de frequências, adoptada uma nova tecnologia (DOCSIS - *Data Over Cable Service Interface Specification*) e substituída parte da rede coaxial (entre a central e um ponto intermédio) por fibra óptica.

2.2.2.3 Soluções baseadas em fibra óptica

O efeito do estrangulamento da largura de banda no segmento de acesso, levou à avaliação de novas possibilidades para aumentar o desempenho das redes de acesso. Das várias soluções estudadas surgiu a fibra óptica, devido à sua grande capacidade de largura de banda e ao baixo valor de perdas, em comparação com outras soluções existentes.

Existem várias vantagens nos sistemas de transmissão baseados em fibra óptica em relação às restantes redes cabladas:

- Largura de banda virtualmente ilimitada (Tbps);
- Baixa atenuação e dispersão;
- Grandes distâncias de propagação de sinal;
- Condutor pequeno e leve;
- Bom isolamento electromagnético.

A fibra óptica está cada vez mais enraizada nas redes de acesso como meio de comunicação. A largura de banda que pode ser disponibilizada ao utilizador depende largamente do tipo de fibra e da arquitectura da rede, bem como do equipamento utilizado pelo operador. Os últimos desenvolvimentos comerciais disponibilizam larguras de banda que variam entre os 30 Mbps e os 100Mbps e mais recentemente já se atingem transferências de dados na ordem dos 1Gbps [17].

A sigla FTTx é uma sigla genérica para as redes de banda larga que utilizam fibra óptica, substituindo parte da rede que utilizava as ligações eléctricas como forma de transmissão de dados. O termo genérico nasceu das diversas possibilidades do ponto de terminação da fibra relativamente ao utilizador final.

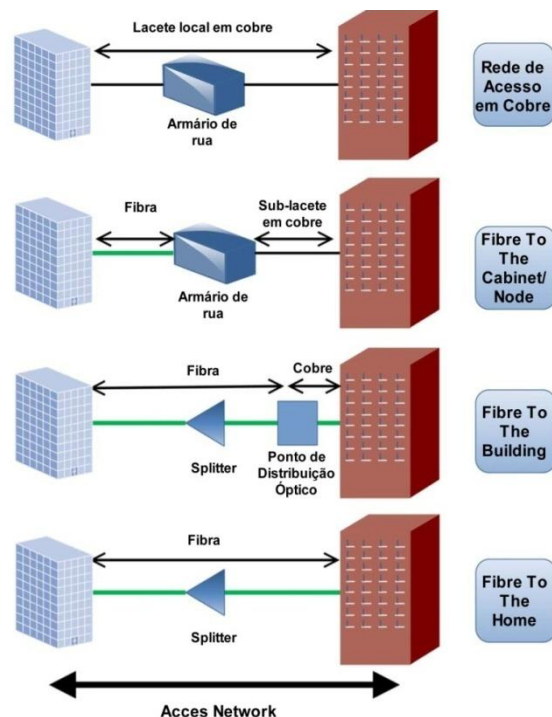


Figura 2-6. Variantes da sigla FTTx [13]

Em suma, conforme podemos ver na Figura 2-6, temos quatro tipos de ligações:

- **FTTN – Fiber to the Node:** A ligação por fibra óptica é terminada no armário, sendo que as ligações entre o cliente e o armário de rua são feitas via cabo de cobre. Estas arquitecturas são adequadas para áreas de pequena dimensão (com um raio de aproximadamente 1500m), com pouca densidade populacional;
- **FTTC – Fiber to the Cabinet / Curb:** Tem uma arquitectura de rede semelhante à FTTN, mas o sub-lacete local tem cerca de 300m de raio;
- **FTTB – Fiber to the Building:** A fibra vai desde a rede nuclear até à entrada do edifício, sendo a posterior ligação à casa do utilizador feita por via eléctrica por cabo de cobre ou coaxial;
- **FTTH – Fiber to the Home:** A rede é implementada unicamente com o recurso à fibra óptica, a qual é terminada directamente em casa do consumidor.

3 Conceitos Económicos e de Análise de Mercado

Neste capítulo serão apresentados alguns dos conceitos económicos e de análise do mercado, bem como alguns dos cálculos associados aos mesmos e que serão utilizados como base para o desenvolvimento da ferramenta proposta.

3.1 *Análise Tecno-Económica*

A análise técnica preocupa-se com toda a engenharia do projecto, quer em relação às instalações, quer em relação aos equipamentos a utilizar, estimando os custos de investimento.

A análise técnica tem pois, como objectivo definir a base tecnológica do projecto bem como as suas condições de laboração e técnicas em geral. Há então que estudar as diferentes tecnologias disponíveis de forma a optar pelas que se adaptam melhor quer à realidade do investidor, quer à dimensão que se pretende atingir.

Também conhecida como análise custo-benefício, a análise económica, é o estudo de apoio à tomada de posição pública relativamente ao projecto. A análise faz-se não apenas em termos de rentabilidade financeira mas também e principalmente, em função da contribuição do projecto para o bem-estar da população ou da contribuição do projecto para os objectivos da política económica nacional. Assim, os benefícios que se podem obter de um projecto de investimento podem classificar-se como tangíveis (aqueles que se traduzem numa quantidade bem definida) ou intangíveis (aqueles que não se podem quantificar). A grande diferença, relativamente à análise financeira reside no facto de os dados serem tratados a preços de mercado corrigidos de todas as distorções que alteram o seu valor real. A componente económica, indica qual a distribuição e utilização dos recursos dentro do meio em que o projecto se insere.

Quando se realiza um estudo sobre um projecto de implementação de rede de telecomunicações é necessário realizar uma análise técnico-económica. De entre os aspectos a ter em conta realçam-se os seguintes:

- Caracterização demográfica e geográfica da zona onde se vai implementar a rede;
- Identificação dos serviços que se adequam à zona/cenário em estudo;

- Identificação das possíveis soluções de rede (arquitectura, tecnologias, etc.) adequadas à provisão dos serviços a oferecer;
- Dimensionamento das redes;
- Determinação dos modelos de negócios e de operação;
- Estimativa de custos e proveitos associados às diferentes tecnologias e arquiteturas;
- Construção e comparação de cenários técnico-económicos (soluções/modelo de exploração).

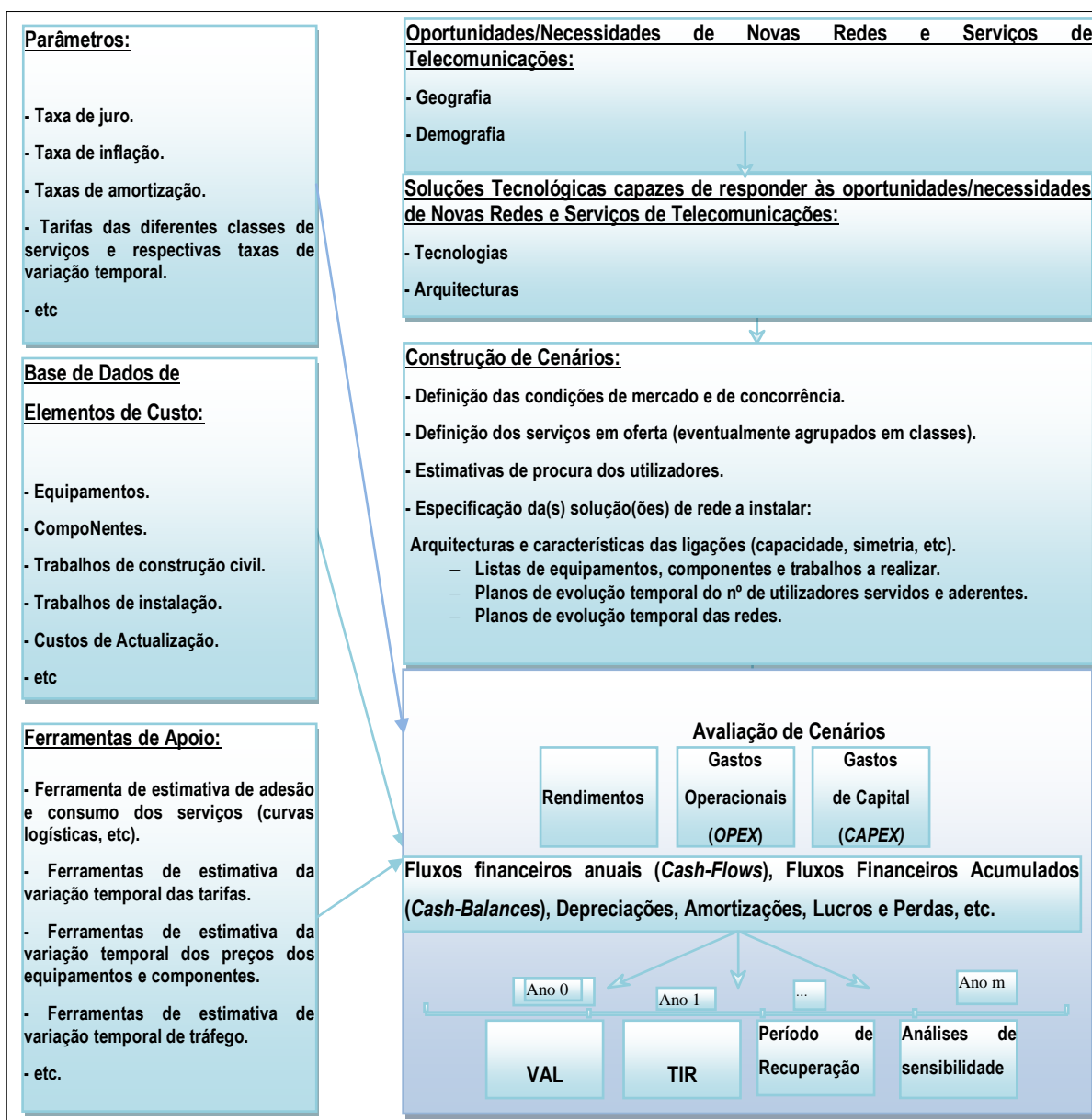


Figura 3-1. Estrutura da ferramenta de análise tecno-económica [1]

3.1.1 Noções Gerais

3.1.1.1 Projecto

Em geral, um projecto é um conjunto de actividades, utilizando recursos por um determinado período de tempo, cuja execução tem a finalidade de atingir um determinado conjunto de objectivos. Estes objectivos são definidos de modo a garantir a qualidade, os prazos e a sustentabilidade económica do projecto.

Pela sua natureza, um projecto tem um determinado tempo de vida em que será necessário:

- Definir objectivos;
- Escolher métodos para combinar os recursos disponíveis com vista a alcançar os objectivos pretendidos;
- Determinar as despesas e receitas associadas à efectivação de tal escolha;
- Escolher as fontes de recursos;
- Estudar o enquadramento legal e administrativo do projecto.

3.1.1.2 Investimento

Geralmente, um investimento consiste na aplicação de recursos, na expectativa de obter algum retorno, no futuro, superior ao aplicado [3]. Este retorno normalmente deve compensar a perda de uso dos recursos inicialmente aplicados ao longo do tempo.

Pela sua finalidade, podemos classificar os investimentos como [4]:

- Investimento de inovação – têm como finalidade a produção e/ou lançamento de novos produtos/serviços;
- Investimento de substituição – o objectivo é renovar os métodos e tecnologias usadas, não aumentando a capacidade produtiva, o que faz com que este tipo de investimento seja mais seguro que os restantes;
- Investimento de expansão – consiste no aumento da capacidade de produção, sem que haja mudanças nos produtos;
- Investimento estratégico – tem como propósito providenciar condições de favorecimento da prosperidade de outros investimentos realizados ou a realizar.

3.1.2 O efeito do tempo no valor do dinheiro e dos bens

3.1.2.1 Taxa de actualização

Quando é feito o dimensionamento do investimento a realizar, a taxa de actualização tem a finalidade de:

- Confrontar os valores (custos e proveitos) com rendimentos em épocas diferentes;
- Reflectir a rentabilidade mínima que o investidor pretende obter.

A taxa de actualização acaba por depender apenas das expectativas do investidor, no que toca à rentabilidade do projecto. O cálculo desta taxa também considera o modo de financiamento do investimento.

Quando o investimento é financiado por capitais alheios, a taxa deverá sempre ser superior à taxa de juro paga aos mesmos, sendo também influenciada pela taxa interna de rentabilidade (TIR) esperada, bem como pelo risco do investimento.

Por outro lado, se o investimento for financiado por capitais próprios, a taxa a considerar deverá ser pelo menos o valor da taxa que o investidor possa obter quando é feito outro investimento com risco semelhante. Assim sendo, a taxa de actualização tenderá para o valor geralmente utilizado no sector no qual o investimento se enquadra.

Por vezes, o investimento é financiado por capitais próprios e capitais alheios, simultaneamente. Neste caso, consideram-se os factores anteriormente descritos, nas suas proporções quantitativas, chegando a uma taxa de actualização ponderada.

3.1.2.2 Depreciação

Geralmente designada por amortização, no campo da contabilidade, trata-se da avaliação monetária do desgaste a que um bem de capital tenha sido sujeito num determinado período de tempo.

O investimento efectuado permite à entidade que promove o projecto reintegrar, contabilisticamente falando, as perdas de valor em função do tempo. Esta prática dá à empresa a possibilidade de reconstruir o montante inicialmente investido, por forma a renovar o activo. Tratando-se de um custo de exploração, e não representando uma saída de fundos, as depreciações não estão sujeitas a imposto fiscal.

3.1.3 Custos

3.1.3.1 CAPital EXpenditures (CAPEX)

Todos os custos associados à aquisição, construção ou extensão de imobilizado são considerados CAPEX.

O imobilizado de uma empresa é o conjunto de bens detido por esta, que não sejam destinados para venda ou aluguer, essenciais ao normal funcionamento da mesma. Este é geralmente dividido em dois grupos: o imobilizado corpóreo e o imobilizado incorpóreo.

O imobilizado corpóreo é o conjunto de bens tangíveis que se enquadra na definição acima descrita. Estes bens são sujeitos a depreciação durante o período de vigência económica de um projecto, que será adiante descrito. Exemplos de imobilizado corpóreo são: edifícios, viaturas, equipamentos de rede, etc.

Por sua vez, o imobilizado incorpóreo é o conjunto de bens intangíveis, tais como licenças, patentes e outros direitos adquiridos, que são essenciais ao funcionamento de uma entidade. Estes bens apenas são sujeitos a depreciação, quando têm uma vigência temporal limitada.

A quantificação correcta do CAPEX torna-se essencial quando se pretende lançar novos serviços, melhorar os existentes, ou mesmo expandi-los.

3.1.3.2 OPerational EXpenditures (OPEX)

Ao contrário do CAPEX, o OPEX não se destina a aumentar os activos, ou seja, os bens que tenham a capacidade de contribuir para a geração de rendimentos futuros, de uma instituição. Consideram-se OPEX todos os custos necessários para o normal funcionamento de uma entidade.

Estes custos podem ser de manutenção de equipamento, licenciamento periódico com um prazo inferior a 1 ano, marketing, relações com clientes, gestão de serviços, operações financeiras, entre outros.

Devido ao aumento da competitividade entre empresas e produtos, aliada à necessidade de obter lucros em curtos espaços de tempo, a importância do OPEX tem vindo a aumentar, no que toca à análise económica. Ultimamente, muitas empresas enveredam pela não aquisição de infra-estruturas, tornando-se unicamente

consumidoras de serviços. A título de exemplo, existem modelos de negócio baseados em *cloud* e *grid computing*, com vista a providenciar serviços nestas áreas.

3.1.4 Proveitos

As receitas e, consequentemente, os lucros de qualquer operador dependem do modelo de negócio e dos níveis de tarifas aplicados. Assim sendo, existe especial preocupação, aquando do posicionamento do produto, no que respeita à definição dos tarifários. Esta preocupação tem a finalidade de diminuir o período de recuperação ou mesmo aumentar o retorno do investimento, ganhando maior fatia de mercado.

No presente contexto, as tarifas também têm a finalidade de facilitar a operação e dimensionamento da rede. Para que tal aconteça, é necessário definir diferentes classes de QoS (*Quality of Service*).

Estas classes de QoS devem reflectir-se nos valores aplicados às tarifas, salvaguardando as classes que ofereçam uma maior garantia de qualidade. Este mecanismo parte do pressuposto que há utilizadores que estão dispostos a pagar mais por uma melhor QoS.

Uma das consequências da utilização deste mecanismo é o facto de as tarifas influenciarem a utilização de recursos, de forma a que seja possível otimizar a partilha dos mesmos.

Quando um operador considera a introdução de um novo serviço, deve considerar as várias formas de cobrar pelas diferentes modalidades em que vai oferecer este serviço, de forma a efectuar as suas escolhas.

Estas escolhas baseiam-se nas características do serviço a oferecer, bem como na comparação destas com as de outros serviços já existentes, com vista a facilitar as opções.

3.1.5 Cash-Flow

Consiste nos fluxos de caixa, também designados por fluxos de tesouraria, da entidade promotora do projecto que ocorrem durante um determinado período de tempo.

O *cash-flow* compreende os proveitos (*cash inflows*) e os custos operacionais (*cash outflows*) ao longo de um determinado período de tempo, isto é, se aos resultados líquidos, adicionarmos as amortizações, obtemos o *cash-flow* bruto do investimento.

Contudo, este resultado ainda é afectado pelos impostos sobre o rendimento e o valor dos custos de capital que possam ter sido efectuados no mesmo período.

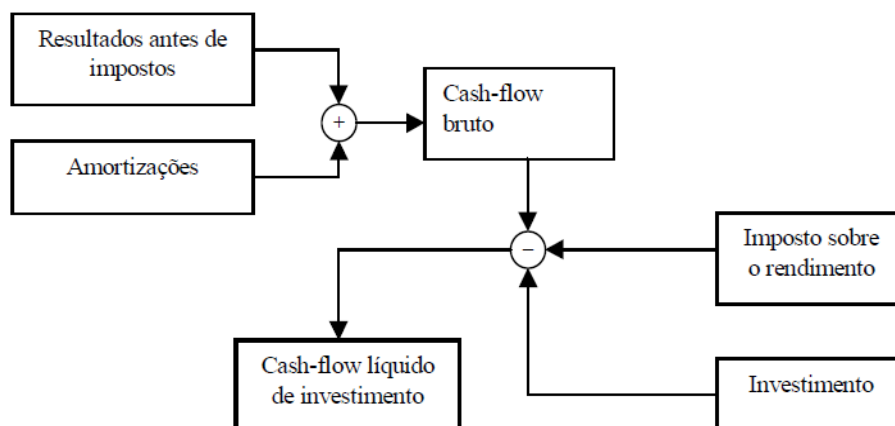


Figura 3-2. Cálculo do Cash-Flow [5]

Habitualmente, os *cash-flows* de um projecto de investimento são calculados a um ritmo anual, durante os anos de vigência do projecto.

Os fluxos de caixa consequentes de um investimento raramente são invariáveis durante o período de vida de um equipamento ou produto. Habitualmente, os primeiros fluxos são negativos, devido ao facto de ser feito um investimento considerável no início do projecto e as receitas ainda são relativamente pequenas.

Associado ao conceito de *cash-flow*, temos o conceito de *cash-balance*, que é a soma acumulada de todos os *cash-flows* até ao momento. O seu cálculo é efectuado também numa base anual.

Um método bastante usado no estudo da viabilidade de projectos de investimento é a análise dos seus *cash-flows*, confrontando diferentes alternativas tecnológicas.

É frequente usar-se uma abordagem incremental nestes casos, ou seja, apenas são considerados os custos directamente relacionados com o projecto a avaliar. Os custos gerais, isto é, a forma como um projecto poderá contribuir para cobrir as despesas gerais da empresa, não fazem, habitualmente, parte deste tipo de análise.

Quando procedemos à análise dos *cash-flows*, devemos considerar como entrada:

- As receitas;
- Os custos operacionais;
- Os custos de capital.

Com base nos fluxos obtidos, então é possível calcular vários indicadores de avaliação do projecto, entre os quais os que irão ser abordados na próxima secção.

3.1.6 Principais indicadores para avaliação de projectos de investimento

Os critérios de análise de investimento baseiam-se no tratamento de informação sobre parâmetros de avaliação do projecto. Estes critérios têm como finalidade analisar o interesse económico de um projecto, em termos absolutos, ou então comparar, em termos relativos, vários projectos. Os critérios usados com maior frequência são:

- Valor Actual Líquido (VAL);
- Taxa Interna de Rentabilidade (TIR);
- Tempo de recuperação do capital.

3.1.6.1 VAL (Valor Anual Líquido)

O VAL, em inglês *Net Present Value* (NPV), é considerado o principal critério a considerar para a decisão de se implementar um projecto, pois providencia o total dos fundos necessários para a sua realização.

Antes de calcular o VAL de um projecto, é necessário:

- Determinar a taxa de actualização;
- Determinar o capital investido.

Cada fluxo anual CF_p é multiplicado pela taxa correspondente $(1+T_A)^{-p}$, onde T_A é a taxa de actualização e p corresponde ao ano do projecto de investimento, que tem a duração de T anos. A soma de todos os fluxos actualizados é então o valor, no presente ou no período de referência, de todos os custos e proveitos a realizar no futuro, ou seja, o valor actual líquido. Como podemos observar na Equação 3-1Equação :

$$VAL = \sum_{p=0}^T CF_p \cdot (1 + T_A)^{-p} = \sum_{p=0}^T \frac{CF_p}{(1 + T_A)^p}$$

Equação 3-1. Expressão de cálculo do VAL [23]

Normalmente, não se consideram as amortizações contabilísticas no cálculo do VAL.

3.1.6.2 TIR (Taxa Interna de Rentabilidade)

Nem sempre se conhecem todos dados relativos ao financiamento, em termos de juros. Ou, noutros casos, quando confrontados com vários projectos de investimento, são apresentadas diferenças ao nível de valor ou mesmo do tempo de duração, resultando assim numa maior dificuldade em optar por algum deles sem que haja um indicador que os diferencie.

Nos casos apresentados, habitualmente recorre-se à TIR, em inglês *Internal Return Rate* (IRR). Este indicador consiste na taxa de actualização para a qual o somatório de todas as despesas é igual ao somatório de todos os proveitos, ou seja, a taxa de actualização que torna o VAL nulo.

Esta taxa pode ser comparada, por exemplo, com a taxa de juro de financiamento do próprio projecto, de modo a demonstrar se este é suficientemente rentável por forma a cobrir os capitais investidos.

Baseando a decisão na TIR, é comum optar-se pelo projecto que apresente um valor deste indicador superior ao da taxa de actualização definida. Contudo, nem sempre é fácil obter o valor da TIR que seja o mais relevante para um projecto de investimento.

Por exemplo, se tratarmos o VAL como uma função em ordem à taxa de actualização, reparamos que, habitualmente, o comportamento desta função é semelhante ao apresentado abaixo:

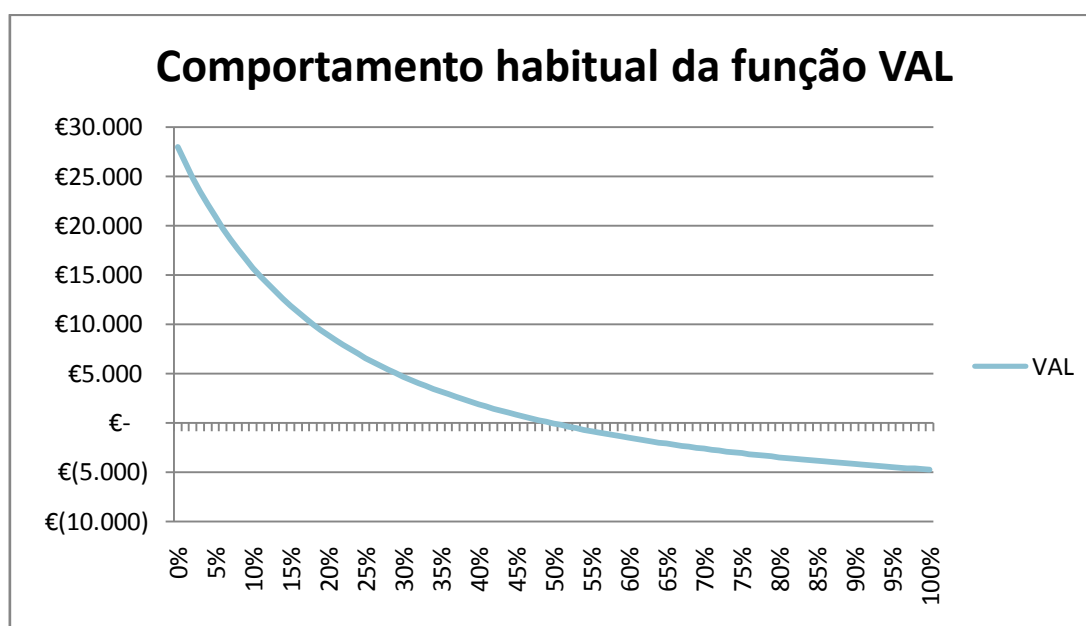


Figura 3-3. Comportamento habitual do VAL em função da taxa de actualização

Contudo, para alguns projectos de investimento, a função VAL poderá ter um comportamento crescente antes de atingir o ponto de viragem e iniciar o movimento descente ilustrado anteriormente. Isto poderá levar a que a função tenha duas taxas para as quais o VAL é nulo. Nestes casos, qual será o valor correcto para a TIR do projecto?

Segundo [6], é necessário definir uma taxa mínima de retorno considerada aceitável no projecto em causa. A partir daí podemos dividir o intervalo de amostragem em 2 intervalos mais pequenos sendo esse ponto de referência aquele em que a função VAL atinge o seu valor máximo. Depois será necessário escolher o intervalo onde se insere a anteriormente designada taxa mínima de retorno. A taxa de actualização para a qual o VAL seja 0 neste intervalo será a TIR do projecto de investimento considerado.

3.1.6.3 Período de Recuperação

Em inglês *payback period*, este indicador consiste no período de tempo, normalmente contabilizado em anos, desde o período inicial até ao momento em que o *cash-balance* se torna positivo.

Habitualmente, num projecto de investimento, o primeiro fluxo de caixa é negativo, devido ao enorme esforço financeiro feito pela entidade promotora do projecto para instalar a infra-estrutura necessária. Depois, durante os primeiros tempos, os fluxos deixam de ser negativos, mas são de valor relativamente baixo até ao ponto em que o saldo acumulado anula o efeito do fluxo inicial.

O cálculo do período de recuperação é baseado na soma cumulativa dos fluxos até esta se aproximar de 0, retirando então o ano respectivo.

Contudo, o uso deste indicador não é muito alargado, apesar do seu cálculo ser relativamente simples. Isto deve-se ao facto de o período de recuperação não reflectir o comportamento do projecto após o mesmo.

3.1.7 Principais indicadores económicos para avaliação de empresas

3.1.7.1 Average Return Per User (ARPU)

Este indicador é extremamente útil hoje em dia, dado que dimensiona o potencial de retorno de cada um dos clientes de uma empresa. O ARPU é calculado dividindo o total de proveitos obtidos no período de tempo considerado pelo total de clientes activos da empresa.

Este indicador também pode ser calculado para diferentes períodos ou mesmo para diferentes segmentos de mercado da empresa.

O ARPU pode ser usado por qualquer entidade, mas tem vindo a ser bastante utilizado em empresas de telecomunicações, dado que permite valorizar a empresa, mostrando o total de clientes e a respectiva qualidade, ou seja, quantificando a forma como estes contribuem com dinheiro para a empresa. Com efeito, um ARPU elevado corresponderá a um número elevado de clientes a gastar dinheiro.

Quando é necessário tomar alguma decisão, no que concerne a estratégias comerciais com o intuito de otimizar recursos e a rentabilidade da empresa, o ARPU tem um papel bastante importante, dado que indica o rumo que a empresa deverá tomar nesse sentido.

3.1.7.2 Average Margin Per User (AMPU)

Este indicador está relacionado com o ARPU, embora se refira à margem de cada cliente, após a dedução do que a empresa despende com este às respectivas contribuições. O AMPU pode tomar um valor positivo ou negativo e, com efeito, quanto mais positivo, tanto maior será o lucro da empresa.

Este indicador torna-se importante, porque permite auferir a dimensão dos custos da empresa por cada cliente e também indicar se é necessário otimizar os valores dos mesmos por forma a aumentar o lucro da empresa.

Quando se aplica o AMPU, é necessário ter em conta que este indicador apenas será relevante se o universo de clientes apresentar condições semelhantes, ao nível do produto que consomem, por exemplo. Se isto não se verificar, o indicador pode providenciar informação incorrecta.

3.1.7.3 Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization (EBITDA)

Este indicador financeiro é dos mais utilizados quando se pretende caracterizar o desempenho económico de uma empresa. O EBITDA pode ser obtido a partir da seguinte fórmula de cálculo:

$$EBITDA = \text{Proveitos} - \text{Despesas directas}$$

3-2. Cálculo do EBITDA

Para este cálculo não são consideradas deduções de impostos e amortizações, quer contabilísticas quer financeiras. Este indicador pode ser referido também como *operating cash*, já que representa o dinheiro que a empresa em questão pode gerar.

Como o EBITDA não se reflecte no *cash-flow* da empresa, apenas serve para avaliar a rentabilidade da mesma. Este indicador também não reflecte as decisões financeiras e/ou contabilísticas de uma empresa, pelo que pode ser usado para avaliar a rentabilidade de entidades ou sectores de actividade. Este indicador pode ser também um bom termo de seriação dos desempenhos de diferentes empresas de um dado sector de actividade.

Contudo, é necessário que, quando é feita a avaliação de uma empresa, se analise também o *cash-flow*, dado que o EBITDA pode induzir em erro os investidores, uma vez que as alterações de capital circulante não são consideradas. Assim sendo, se apenas o EBITDA for considerado, poderá existir uma perda de indícios relevantes no que diz respeito ao facto da empresa poder estar a perder capital.

3.2 *Evolução de mercado*

3.2.1 Taxa de penetração global

No presente contexto, considera-se que o comportamento de adesão de clientes a um determinado tipo de produto ou serviço (por exemplo, acesso a canais de televisão num *smartphone*) obedece à vulgarmente designada distribuição em *S* [7], que tem o comportamento ilustrado na Figura 3-4:

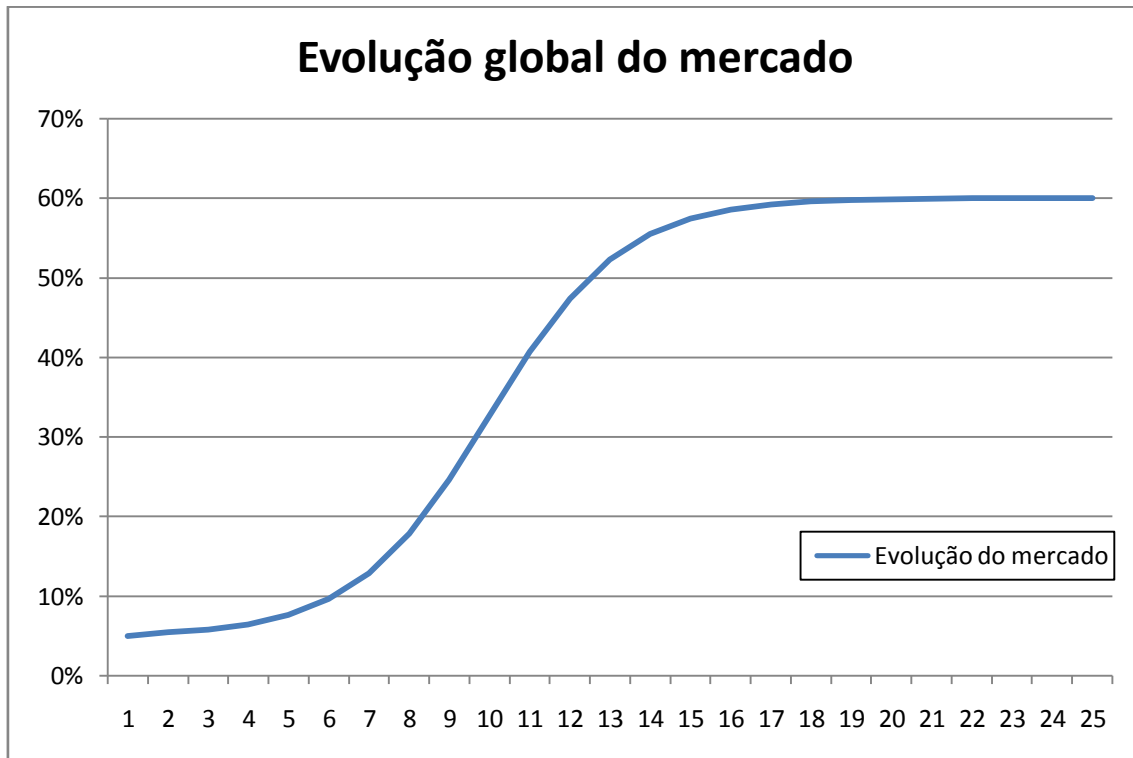


Figura 3-4. Evolução do mercado ao longo do tempo

Matematicamente falando, a taxa de penetração global do mercado, para uma dada unidade de tempo t , pode ser dada pela Equação 3-3 [7]:

$$P(t) = P_i + \frac{P_f - P_i}{1 + \alpha \cdot e^{\beta \cdot t}}$$

Equação 3-3. Evolução da penetração no mercado ao longo do tempo

Na Equação 3-3, temos:

- $P(t)$ – Taxa de penetração para o instante t ;
- P_i – Taxa de penetração inicial, ou seja, a percentagem de possíveis clientes que aderem a um produto/serviço no instante inicial;
- P_f – Taxa de saturação, ou seja, a percentagem máxima de possíveis clientes que pode aderir a um produto/serviço;
- α – Parâmetro que controla o momento de arranque da evolução do mercado;
- β – Parâmetro que controla a velocidade da evolução do mercado.

3.2.2 Taxa de penetração de uma tecnologia com abandono posterior

Quando existem várias tecnologias presentes num dado mercado, assume-se que a tecnologia que inicialmente está instalada no mercado continua a atrair clientes. Seguidamente, e de forma a dar espaço à “nova” tecnologia, existe um período durante o qual haverá abandono de clientes.

Segundo [19] vamos então assumir que o comportamento de adesão para cada onda tecnológica tem um comportamento semelhante ao descrito para a evolução da penetração do mercado, obedecendo a:

$$p_i(t) = p_{i_0} + \frac{p_{i_f} - p_{i_0}}{1 + A_i \cdot e^{B_i \cdot t}}$$

Equação 3-4. Taxa de adesão de uma dada tecnologia [19]

Na Equação 3-4, temos:

- $p_i(t)$ – Taxa de adesão da tecnologia “i” no instante t;
- p_{i_0} – Taxa de adesão inicial da tecnologia “i”;
- p_{i_f} – Taxa de adesão final da tecnologia “i”;
- A_i – Parâmetro que controla o início do declínio/abandono da tecnologia;
- B_i – Parâmetro que controla a velocidade de declínio da tecnologia.

Consideremos para este exemplo uma situação onde 3 ondas tecnológicas vão entrar num mercado. Assumimos também que para a primeira onda tecnológica, p_{i_0} e p_{i_f} têm o valor de 100%. Para as restantes ondas tecnológicas, p_{i_0} tem o valor de 0% e p_{i_f} tem o valor de 100%. Em todos os casos, os valores de A e B são arbitrários.

Vamos então caracterizar o comportamento efectivo (no contexto de um mercado) de cada onda tecnológica quando afectado pelas restantes:

$$S_1(t) = p_1(t) \cdot m_1 [1 - p_2(t - \tau_2)] \cdot P(t)$$

Equação 3-5. Taxa de penetração da primeira tecnologia [19]

$$S_2(t) = p_2(t - \tau_2) \cdot [m_2 + p_1(t) \cdot m_1] \cdot [1 - p_3(t - \tau_3)] \cdot P(t)$$

Equação 3-6. Taxa de penetração da segunda tecnologia [19]

$$S_3(t) = p_3(t - \tau_3) \cdot [m_3 + p_2(t - \tau_2) \cdot [m_2 + p_1(t) \cdot m_1]] \cdot P(t)$$

Equação 3-7. Taxa de penetração da terceira tecnologia [19]

Cada função de onda $p_i(t)$ é utilizada simultaneamente para moldar o abandono da onda precedente, $i-1$, com um factor de pesagem m_{i-1} para moldar a adesão à onda i com um factor de pesagem m_i . É importante notar que a soma dos coeficientes $\dots m_{i-1} + m_i + m_{i+1} + m_{i+2} \dots = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} m_i = 1$.

Teremos então o comportamento global do mercado que é possível de visualizar na Figura 3-5:

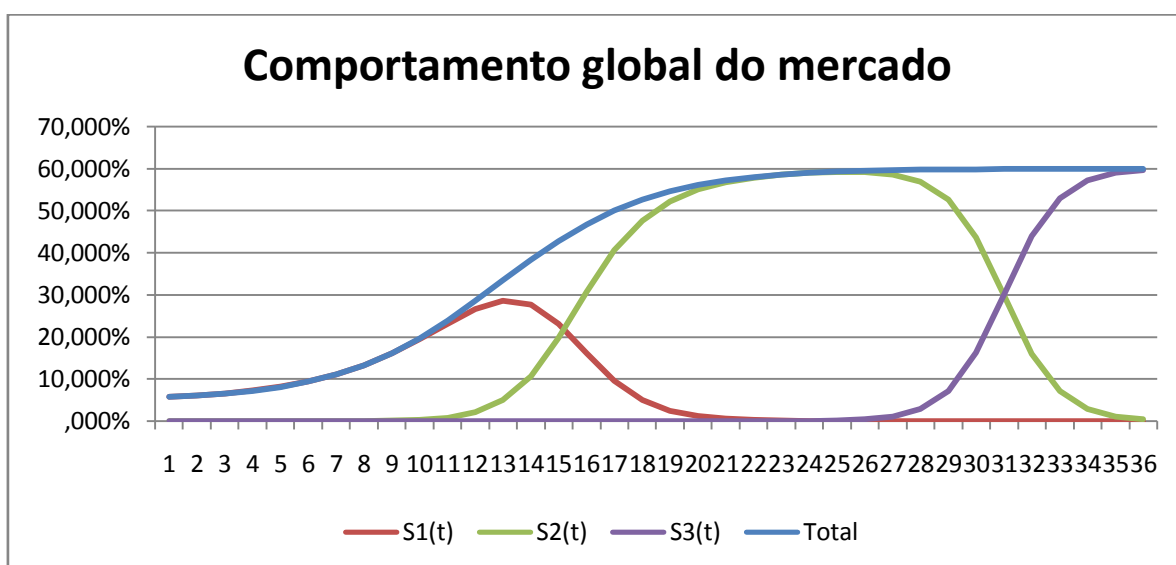


Figura 3-5. Comportamento global do mercado com transição de tecnologias [19]

3.3 Concorrência no mercado

Dependo do cenário que se queira analisar é bastante provável que existam vários operadores concorrentes a disputar a quota de mercado associada a um determinado tipo de produto/serviço. Como tal, torna-se necessário conseguir comparar os vários operadores a actuar num determinado cenário por forma a conseguir determinar como poderá evoluir a sua quota de mercado, ou seja, o seu número de clientes.

3.3.1 Evolução do número de clientes para um dado operador

O número de clientes de um operador para um dado instante depende da qualidade que este oferece ao mercado [8]. Assim sendo, para um dado instante, a qualidade de referência do mercado será (onde N é o número de operadores no cenário):

$$\bar{Q}(t) = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i(t) \cdot M_i(t)}{\sum_{i=1}^N M_i(t)}$$

Equação 3-8. Cálculo da qualidade de referência do mercado para um dado instante [8]

Na Equação 3-8, temos:

- $\bar{Q}(t)$ – qualidade de referência do mercado para um dado instante;
- $Q_i(t)$ – qualidade de um operador num dado instante;
- $M_i(t)$ – dimensão do mercado de um operador num dado instante, em quantidade de possíveis utilizadores.

Para um operador, a sua qualidade relativa à qualidade de referência num dado instante será:

$$Q_{rel,i}(t) = \frac{Q_i(t)}{\bar{Q}(t)}$$

Equação 3-9. Qualidade relativa de um operador [8]

Seja $E_{M,Q}$ a elasticidade do tamanho do mercado relativamente à qualidade, ou seja, a razão entre a variação percentual do mercado e a variação percentual da qualidade. Isto traduzir-se-á na capacidade do mercado reagir à qualidade de um operador [8].

Assim sendo, podemos definir a variação do tamanho do mercado de um operador para a próxima unidade de tempo:

$$dM_i(t) = E_{M,Q} \cdot (Q_{rel,i}(t) - 1)$$

Equação 3-10. Variação do mercado de um operador num dado instante [8]

Finalmente, o tamanho do mercado, em quantidade de possíveis clientes, de um operador na próxima unidade de tempo será:

$$M_i(t+1) = M_i(t) \cdot (1 + dM_i(t))$$

Equação 3-11. Tamanho do mercado de um operador numa dada unidade de tempo [8]

3.3.2 Qualidade de um operador

No ponto anterior, foi mencionado um parâmetro chamado qualidade, o qual estaria associado a um operador.

Segundo [8], podemos exprimir matematicamente a percepção do mercado à oferta de serviços de um operador. Trata-se de confrontar as propriedades dos pacotes oferecidos com os valores de referência do mercado, de uma forma ponderada.

As propriedades consideradas, neste trabalho foram:

- O número de serviços oferecidos no pacote/tarifário;
- A largura de banda, nas suas componentes download e upload;
- O valor do tarifário para cada unidade de tempo;
- O factor de contenção definido no serviço;
- A taxa de instalação cobrada nas novas adesões;
- A taxa de ocupação da rede, ou seja, o rácio entre o número de equipamentos ao nível do *Central Office* (CO) e o número de equipamentos ao nível das instalações do cliente.

Os valores de referência são basicamente as médias dos parâmetros dos serviços oferecidos ponderadas pela quantidade de clientes que adere aos mesmos.

Relativamente a [8], foi feita uma alteração à expressão que define a qualidade de um operador. Esta alteração visa facilitar o cálculo, com um número arbitrário de tarifas por operador e um número arbitrário de tecnologias por cenário.

$$Q = e^{\sum_{i=0}^{n_{tecs}} P_{tec h(i)} \cdot \left(\sum_{j=0}^{n_{tars}^{(i)}} Perc_{tarifa(j)} \cdot \left\{ \sigma \cdot \ln \left[\frac{S_j}{S_0} \right] - \theta \cdot \ln \left[\frac{V_j}{V_0} \right] - \gamma \cdot \ln \left[\frac{TC_j}{TC_0} \right] \right\} + \beta_{up} \cdot \ln \left[\frac{BW_{up i}}{BW_{up 0}} \right] + \beta_{down} \cdot \ln \left[\frac{BW_{down i}}{BW_{down 0}} \right] - \delta \cdot \ln \left[\frac{R_i}{R_0} \right] \right)} - \vartheta \cdot \ln \left[\frac{TI}{TI_0} \right]}$$

Equação 3-12. Definição da qualidade de um operador numa determinada unidade de tempo

Na Equação 3-12, temos:

- n_{tecs} – número de tecnologias presentes no cenário;
- $P_{tech(i)}$ – percentagem de utilizadores de uma dada tecnologia;
- $n_{tars(i)}$ – número de tarifários existentes para uma dada tecnologia;
- $Perc_{tarifa(j)}$ – percentagem de utilizadores que aderiram a um tarifário;
- σ – peso do número de serviços no cálculo da qualidade;

- S – número de serviços oferecido no tarifário;
- θ – peso do valor da mensalidade do tarifário no cálculo da qualidade;
- V – valor cobrado pela mensalidade do tarifário;
- γ – peso da taxa de contenção no cálculo da qualidade;
- TC – taxa de contenção oferecida pelo tarifário;
- β – peso das componentes da largura de banda no cálculo da qualidade;
- BW – valor das componentes da largura de banda da arquitectura de rede escolhida numa dada tecnologia;
- δ – peso da taxa de ocupação da rede no cálculo da qualidade;
- R – taxa de ocupação da rede numa dada tecnologia;
- ϑ – peso da taxa de instalação no cálculo da qualidade;
- TI – taxa de instalação cobrada às novas adesões.

3.4 Equipamentos

3.4.1 Evolução dos preços dos equipamentos

O preço dos equipamentos varia ao longo do tempo de uma simulação. Como podemos ver na Equação 3-13:

$$P(t) = P(0) \left[n_r(0) \cdot \left(1 + e^{\ln \left[\frac{1-n_r(0)}{n_r(0)} \right] - \left[\frac{2 \ln(9)}{\Delta t} \right] \cdot t} \right) \right]^{\frac{\ln(K)}{\ln(2)}}$$

Equação 3-13. Evolução do preço de um equipamento ao longo do tempo [10]

Segundo [10], os equipamentos podem ser classificados segundo a sua constituição/finalidade e o seu volume de produção. Assim sendo, no que toca à constituição/finalidade temos, a título exemplificativo:

Designação da classe	Valor de K
Construção civil	1
Cabos de cobre	1
Electrónica	0.8
Cabos de fibra	0.9
Componentes Ópticos Avançados	0.7
Componentes Ópticos Passivos	0.8

Tabela 3-1. Classificação dos equipamentos relativamente à sua constituição/finalidade [23]

Relativamente ao volume de produção, temos a idade da tecnologia e a respectiva velocidade de implementação.

Designação da classe	Valor de $n_r(0)$
Velha	0.5
Madura	0.1
Nova	0.01
Emergente	0.001

Tabela 3-2. Classificação dos equipamentos segundo a idade da tecnologia [23]

Designação da classe	Valor de Δt
Muito rápida	5
Rápida	10
Lenta	20
Muito lenta	40

Tabela 3-3. Classificação dos equipamentos relativamente à velocidade de implementação [23]

3.4.2 Capacidade dos equipamentos

A capacidade de um equipamento, no presente contexto, corresponde ao número de equipamentos no nível imediatamente abaixo que se podem ligar. Dependendo do tipo de equipamento, esta capacidade é obtida de forma diferente.

Tratando-se de um equipamento com fio, esta capacidade é o número de *outputs* (portos de saída) que o mesmo tem.

Caso se trate de um equipamento sem fios, a capacidade encontra-se relacionada com a largura de banda que este pode atingir. Neste caso, o número de equipamentos que se pode ligar pode ser obtido através da Equação 3-14:

$$N = \frac{\text{Capacidade agregada}}{\sum_{i=0}^t n_i \cdot \frac{BW_i}{FCOnt_i}}$$

Equação 3-14. Cálculo da capacidade, em número de equipamentos, para equipamentos sem-fio [11]

Na Equação 3-14, temos:

- N – número de equipamentos pretendido;
- Capacidade – largura de banda máxima do agregado;
- t – total de tarifários do operador usando a tecnologia em questão;
- n_i – percentagem de utilizadores que aderem ao tarifário “ i ”;
- BW_i - largura de banda do tarifário “ i ”;
- $FCont_i$ - factor de contenção do tarifário “ i ”.

4 A plataforma a desenvolver

Tendo em conta as ferramentas analisadas no capítulo anterior e as necessidades daí resultantes, neste capítulo será feita uma descrição da ferramenta desenvolvida.

É pedido também que seja usada a língua inglesa na construção da ferramenta, mais concretamente na interface de utilizador. A respeito da interface de utilizador, é pedido que esta seja simples e intuitiva. O motor de cálculo é baseado na ferramenta descrita por [8].

4.1 Dinâmica da simulação

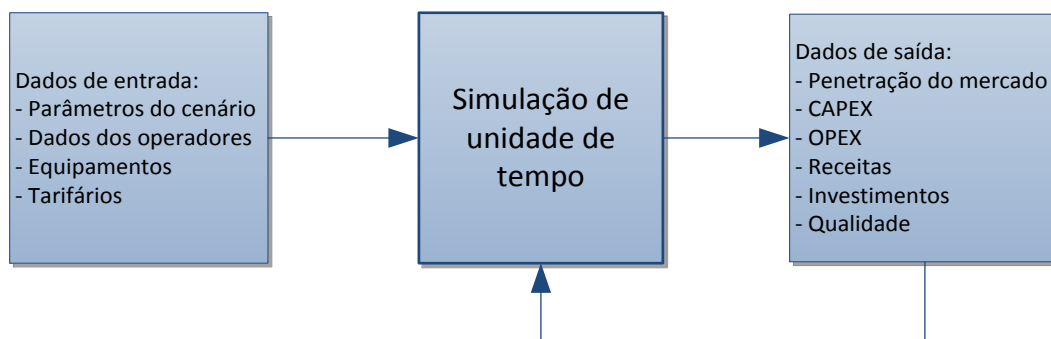


Figura 4-1. Dinâmica da simulação implementada

Temos um conjunto de dados de entrada, que serão processados na simulação de uma unidade de tempo. Os dados que daí resultam também são usados para a simulação da unidade de tempo seguinte.

4.2 Dados a modelar

Tendo em conta o que é pedido, e baseado no trabalho descrito em [8], podem-se descrever os dados que pretendemos modelar nesta secção. À medida que vão sendo descritos os dados, será apresentada a parte do diagrama de classes no qual eles se inserem. O diagrama de classes completo está disponível para consulta no Apêndice A.

Avançando então para a modelação, podemos considerar que as noções sobre as quais assentam toda a dinâmica da simulação são:

- Demografia;
- Geografia;
- Identificação de possíveis tecnologias candidatas;

- Construção de cenários (arquitecturas);
- Tipologia de rede;
- Operador;
- Desempenho de um operador ao longo da simulação.

4.2.1 Utilizador

Este será o elemento inicial desta ferramenta pois sem uma conta de utilizador registada na plataforma não será possível interagir com a mesma. A composição da classe utilizador é a seguinte:

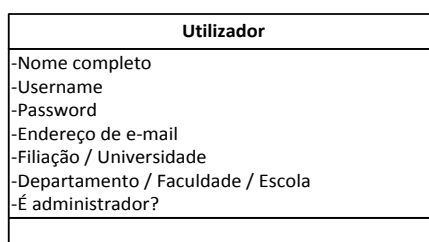


Figura 4-2. Definição da classe de um utilizador

4.2.2 Cenário

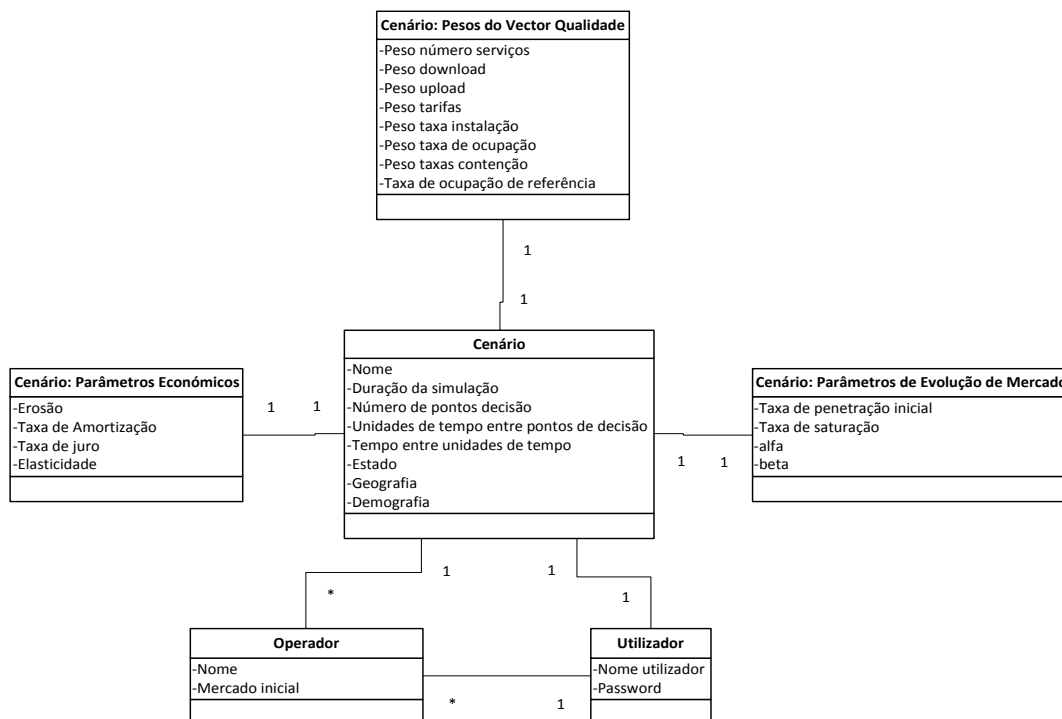


Figura 4-3. Relações existentes entre as classes que definem um cenário

Um utilizador poderá ser o responsável pela gestão do cenário de simulação, ou então tomar o papel de um operador num dado cenário. De salientar que estes dois papéis podem ocorrer em simultâneo para um mesmo cenário. Um utilizador pode ser no limite mínimo definido como:

Nome do campo	Descrição
Nome utilizador	Nome do utilizador
Password	Palavra passe de acesso ao sistema

Tabela 4-1. Definição mínima de um utilizador

Um utilizador poderá gerir o cenário de simulação, ou então tomar o papel de um operador num dado cenário. Um operador pode ser definido como:

Nome do campo	Descrição
Nome	Nome do operador
Mercado inicial	Número de possíveis clientes que o operador consegue atingir no momento inicial da simulação

Tabela 4-2. Definição de um operador

Um cenário será o objecto que irá definir todos os parâmetros nos quais se baseia o comportamento de mercado. Sendo assim, um cenário, no seu formato mais simples, será composto por:

Nome do campo	Descrição
Nome	Breve descrição do cenário em si
Duração da simulação	O número de unidades de tempo que a simulação irá durar
Número de pontos de decisão	Quantas vezes os operadores poderão alterar as suas ofertas
Unidades de tempo entre pontos de decisão	O número de unidades de tempo que devem ser simuladas entre momentos de tomada de decisão, este valor é determinado automaticamente pela ferramenta
Estado	Estado da simulação, que pode ser “Não iniciada”, “Iniciada” e “Finalizada”

Tabela 4-3. Descrição de um cenário

Existe também um conjunto de campos que visa definir o modelo matemático da simulação, sendo eles:

- Parâmetros económicos – servem para assistir ao cálculo de preços, amortizações, indicadores económicos, etc.

Nome do campo	Descrição
Erosão	Percentagem que os tarifários e taxas de instalação são depreciados em cada unidade de tempo
Taxa de amortização	Percentagem que o investimento total é desvalorizado em cada unidade de tempo
Taxa de juro	Percentagem que o dinheiro é desvalorizado ao longo do tempo
Elasticidade	Impacto da alteração da qualidade no número de clientes

Tabela 4-4. Parâmetros económicos de um cenário

- Parâmetros de evolução de mercado – servem para definir a curva logística para a penetração no mercado simulado.

Nome do campo	Descrição
Taxa de penetração inicial (P_i)	É a percentagem do mercado que, no instante inicial, adere a um serviço
Taxa de saturação (P_f)	É a percentagem máxima de clientes que se pretende que adira a um serviço no mercado simulado
α	Parâmetro de controlo do momento do arranque do mercado
β	Parâmetro de controlo da velocidade de arranque do mercado

Tabela 4-5. Parâmetros de evolução de mercado de um cenário

- Pesos do vector qualidade – pesos e valores de referência do vector qualidade

Nome do campo	Descrição
Peso Número de Serviços	Peso para o número de serviços dos tarifários
Peso Download	Peso para a largura de banda, mais concretamente à taxa de tráfego descendente
Peso Upload	Peso para a largura de banda, mais concretamente à taxa de tráfego ascendente
Peso Tarifários	Peso para as mensalidades praticadas nos vários tarifários
Peso Taxa Instalação	Peso para a taxa de instalação praticada
Peso Taxa de Ocupação	Peso para a taxa de ocupação da rede
Peso Taxas de Contenção	Peso para as taxas de contenção dos tarifários
Taxa de Ocupação Referência	Taxa de ocupação de rede de referência

Tabela 4-6. Descrição dos pesos do vector qualidade

4.2.3 Tecnologias presentes num cenário e comportamento do mesmo ao longo do tempo de simulação

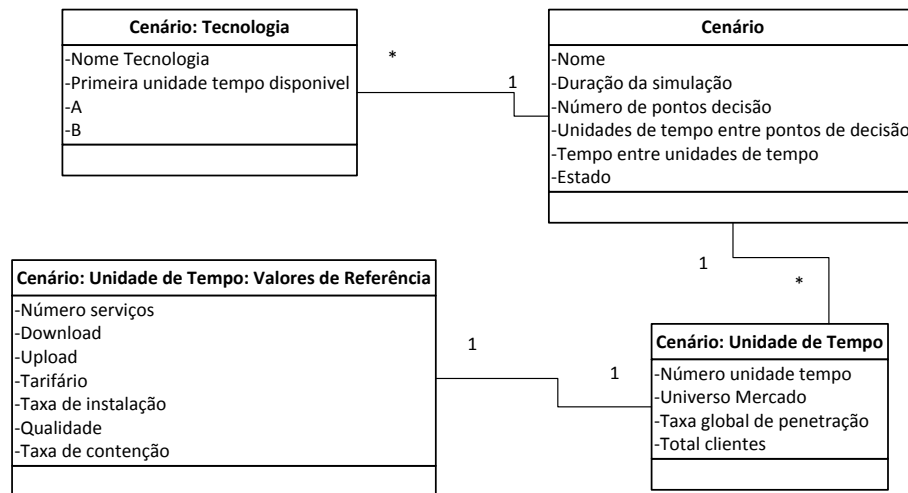


Figura 4-4. Relações existentes entre um cenário, as tecnologias presentes no mesmo e os dados referentes ao comportamento da simulação do cenário ao longo do tempo

Num dado cenário podem estar presentes várias tecnologias. A presença de cada tecnologia, quando existe mais do que uma, pode ser definida pelos seguintes campos:

Nome do campo	Descrição
Nome Tecnologia	Descrição da tecnologia usada
Primeira unidade de tempo disponível	Instante de tempo a partir do qual a tecnologia se encontra disponível
A	Parâmetro de controlo do momento de abrandamento do mercado
B	Parâmetro de controlo da velocidade de abrandamento do mercado

Tabela 4-7. Descrição dos campos que descrevem a presença de uma tecnologia num dado cenário

Associado ao cenário também temos o comportamento do mercado ao longo da simulação. Podemos definir os dados referentes ao mercado ao longo da simulação da seguinte forma:

Nome do campo	Descrição
Número de unidade de tempo	Unidade de tempo à qual se referem os valores
Universo de mercado	Total de possíveis clientes na presente unidade de tempo
Taxa actual de penetração	Taxa de penetração global do mercado
Número total de clientes	Total de utilizadores que usufruem de algum serviço
Unidade de tempo do próximo ponto de decisão	Unidade de tempo a partir da qual entram em vigor os novos valores, se definidos.

Tabela 4-8. Descrição do mercado numa dada unidade de tempo simulada

A cada unidade de tempo simulada, na óptica do mercado simulado, também podemos encontrar os valores de referência para os componentes do vector qualidade:

Nome do campo	Descrição
Número de serviços	Número de serviços de referência
Download	Largura de banda (download) de referência
Upload	Largura de banda (upload) de referência
Mensalidade	Mensalidade de referência
Taxa de Instalação	Taxa de instalação de referência
Qualidade	Qualidade de referência
Taxa de Contenção	Taxa de contenção de referência

Tabela 4-9. Descrição dos valores de referência para uma dada unidade de tempo simulada

A taxa de penetração de mercado de cada uma das tecnologias presentes no cenário também se encontra associada a cada unidade de tempo:

Nome do campo	Descrição
Quota de mercado $P_{tech}(t)$	Quota de mercado da tecnologia numa dada unidade de tempo

Tabela 4-10. Descrição da evolução da penetração de uma tecnologia no mercado simulado ao longo do tempo

4.2.4 Arquitecturas de rede

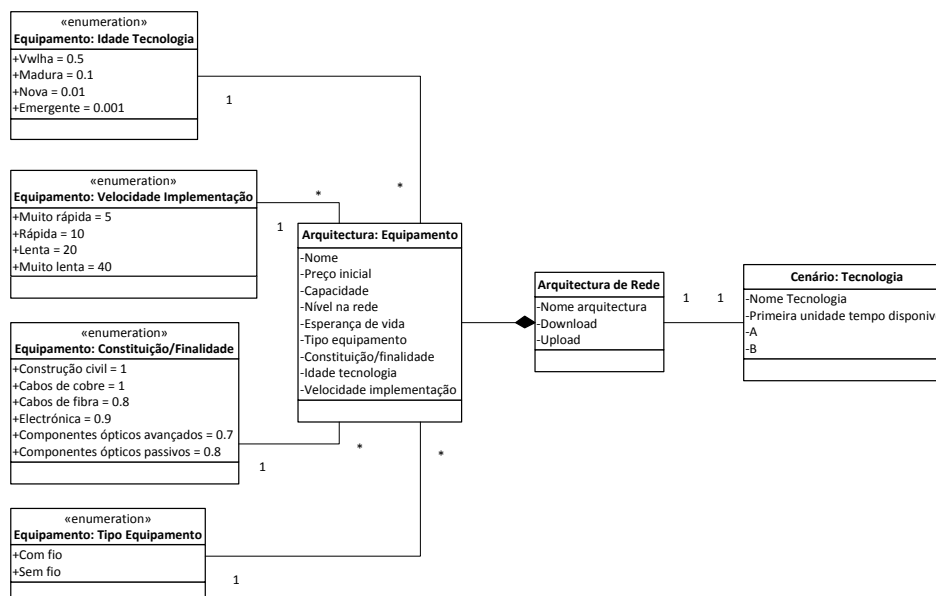


Figura 4-5. Relações existentes entre as tecnologias existentes num cenário e respectivas arquitecturas de rede

Cada tecnologia deverá estar associada a uma arquitectura de rede. Uma arquitectura de rede pode ser descrita por:

Nome do campo	Descrição
Nome da arquitectura	Descrição da tipologia
Largura de banda Download	Taxa de débito – tráfego descendente
Largura de banda Upload	Taxa de débito – tráfego ascendente
Imagem	Imagem representativa da arquitectura

Tabela 4-11. Descrição de uma arquitectura de rede

Uma arquitectura de rede é composta por vários equipamentos. Um equipamento pode ser descrito por:

Nome do campo	Descrição
Nome	Breve descrição do equipamento
Preço inicial P_0	Preço inicial do equipamento
Capacidade	Número de equipamentos no nível imediatamente abaixo que podem ligar-se
Nível na rede	Nível na rede de acesso
Esperança de vida	Esperança de vida estimada para o equipamento.
Tipo de equipamento	O tipo de equipamento, ou seja, se é um equipamento com fio ou sem fio

Tabela 4-12. Descrição de um equipamento

4.2.5 Operador

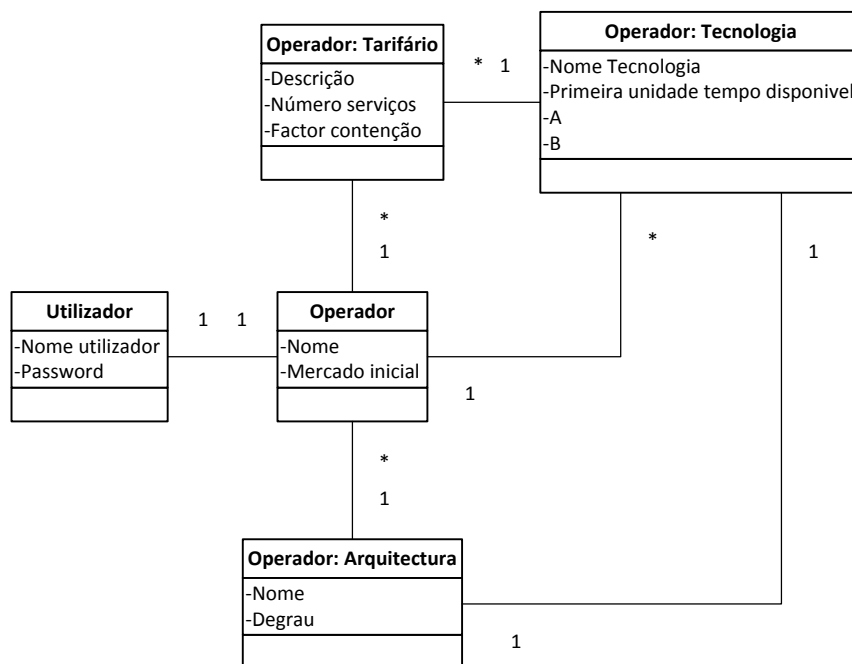


Figura 4-6. Relações entre elementos que definem um operador

Um operador, no seu formato mais simples, pode ser descrito por:

Nome do campo	Descrição
Nome do operador	Nome do operador
Quota de mercado inicial	Número de possíveis clientes que o operador consegue atingir no momento inicial da simulação

Tabela 4-13. Descrição de um operador

Associado ao operador, temos também a respectiva estratégia para o *upgrade* da arquitectura de rede, ou seja, de que forma o operador vai actualizar os seus equipamentos quando existe uma mudança tecnológica na rede:

Nome do campo	Descrição
Descrição	Descrição da estratégia
Degrau	Percentagem de equipamentos a serem actualizados por cada unidade de tempo

Tabela 4-14. Descrição da estratégia de *upgrade* de um operador

Um operador pode oferecer vários tarifários aos seus clientes, que podem ser descritos da seguinte forma:

Nome do campo	Descrição
Descrição do tarifário	Breve descrição do tarifário
Número de serviços	O número de serviços oferecidos no tarifário
Factor de contenção	Factor de contenção

Tabela 4-15. Descrição de um tarifário de um operador

4.2.6 Tomadas de decisão

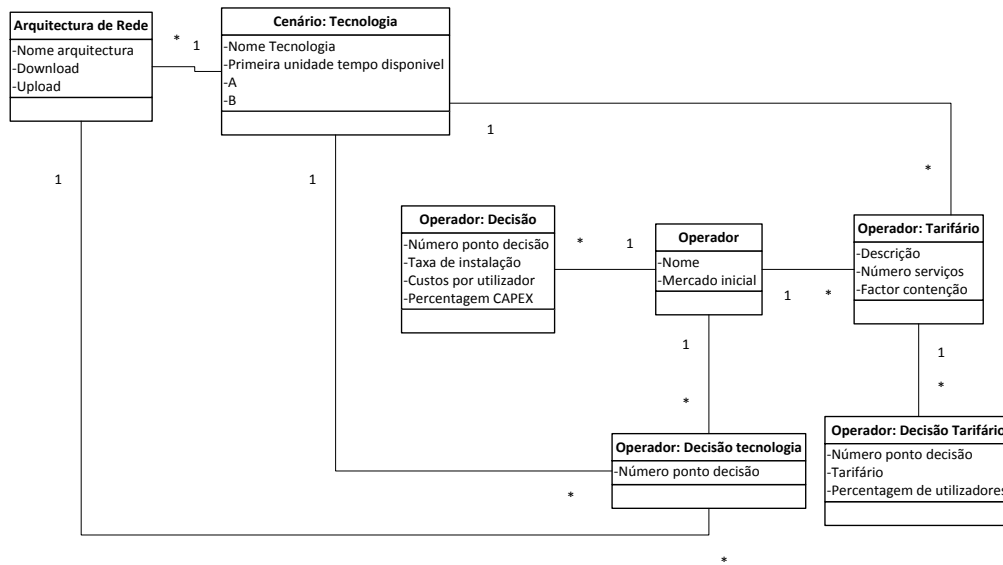


Figura 4-7. Relações existentes entre elementos que definem as tomadas de decisão de um operador

Associados quer ao operador, quer ao tarifário, temos as tomadas de decisão. No caso do operador, temos:

Nome do campo	Descrição
Número do ponto de decisão	Unidade de tempo a partir da qual os dados entram em vigor
Taxa de instalação	Taxa de instalação cobrada às novas instalações
Custos por utilizador	Montante gasto pelo operador por cada utilizador em cada unidade de tempo
Percentagem do CAPEX	Percentagem do CAPEX a considerar no cálculo do OPEX

Tabela 4-16. Descrição de um ponto de decisão associado a um operador

No caso do tarifário, temos:

Nome do campo	Descrição
Número do ponto de decisão	Unidade de tempo a partir da qual os dados entram em vigor
Preço por unidade de tempo	Valor da mensalidade praticado por cada unidade de tempo
Quota de clientes	Percentagem do total de clientes que adere ao tarifário

Tabela 4-17. Descrição de um ponto de decisão associado a um tarifário de um operador

Cada ponto de tomada de decisão será por omissão cada instante no tempo em que a simulação esteja parada, isto pode ser controlado pelo responsável do cenário.

4.2.7 Desempenho de um operador ao longo da simulação

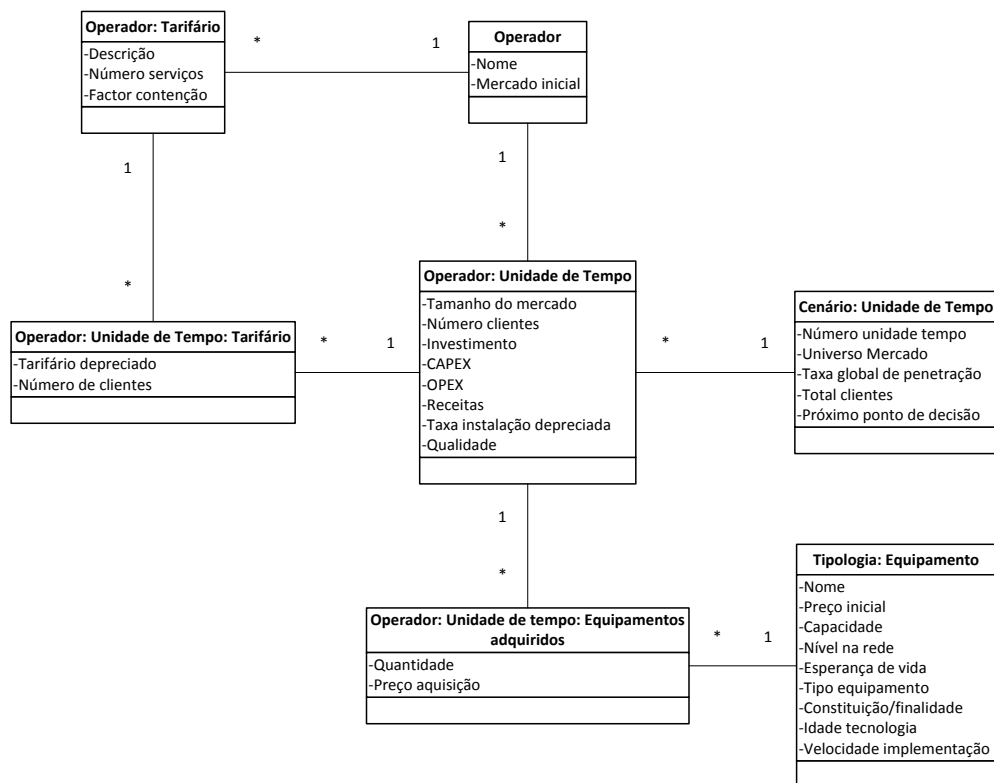


Figura 4-8. Relações descritivas do desempenho de um operador ao longo de uma simulação

Após cada unidade de tempo simulada, um operador tem acesso aos seguintes dados disponibilizados logo de seguida:

Nome do campo	Descrição
Tamanho do mercado	Número de possíveis utilizadores que o operador consegue atingir na presente unidade de tempo
Número de clientes	Total de clientes na actual unidade de tempo
Investimento	Capital investido na actual unidade de tempo
CAPEX	Investimento total da simulação até agora
OPEX	Custos operacionais do presente exercício
Receitas	Receitas do presente exercício
Taxa de instalação depreciada	Taxa de instalação actual, podendo ter sido afectada pelo factor de erosão
Qualidade	Qualidade do operador na actual unidade de tempo

Tabela 4-18. Descrição de um operador numa dada unidade de tempo

Também associado aos valores de uma dada unidade de tempo simulada, temos os valores dos tarifários, estando ou não afectados pelo factor de erosão:

Nome do campo	Descrição
Tarifário depreciado	Valor do tarifário afectado pelo factor de erosão
Número de clientes	Número de utilizadores aderentes ao tarifário

Tabela 4-19. Descrição dos valores para um tarifário ao longo do tempo

Ainda podemos encontrar os valores das aquisições de equipamentos ao longo do tempo:

Nome do campo	Descrição
Quantidade	Quantidade de equipamentos adquiridos pelo operador na respectiva unidade de tempo
Preço de aquisição	Preço de aquisição dos equipamentos

Tabela 4-20. Descrição dos valores referentes à aquisição de equipamentos numa dada unidade de tempo

4.2.8 Biblioteca de tecnologias/arquitecturas

Por forma a auxiliar na utilização desta ferramenta, bem como na aprendizagem por parte dos utilizadores da mesma decidiu-se implementar o conceito de biblioteca onde um administrador poderá registar alguns conjuntos pré-definidos de tecnologias/arquitecturas e os respectivos equipamentos utilizados. A estrutura será semelhante àquela já apresentada na Figura 4-5 mas sem relação directa com cenários:

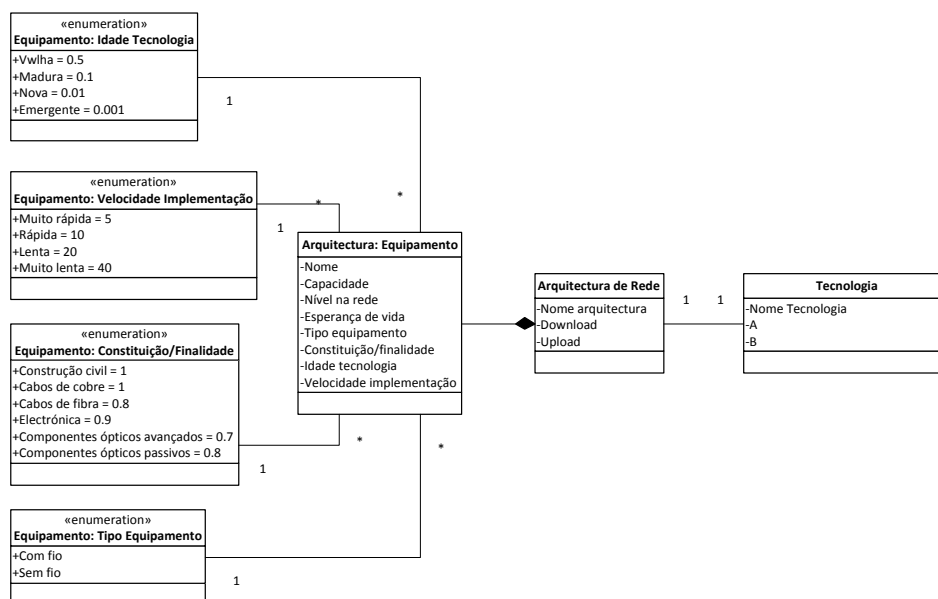


Figura 4-9. Relações entre as tecnologias, arquitecturas de rede e respectivos equipamentos

4.2.9 Customização

Este será mais um elemento desta ferramenta apenas controlável por utilizadores com privilégio de administração pois contém informação importante disponibilizada no mesmo. A composição da classe de customização é a seguinte:

Customização
-Conteúdo da página inicial
-Conteúdo da página "Sobre"
-Conteúdo da página "Créditos"
-Tema de apresentação da ferramenta

Figura 4-10. Definição da classe de customização

4.3 Arquitectura da ferramenta a desenvolver

A arquitectura da ferramenta a desenvolver assenta no modelo cliente-servidor, uma vez que se pretende que esta seja acessível pela *Web*. Um exemplo do referido modelo encontra-se ilustrado na Figura 4-11:

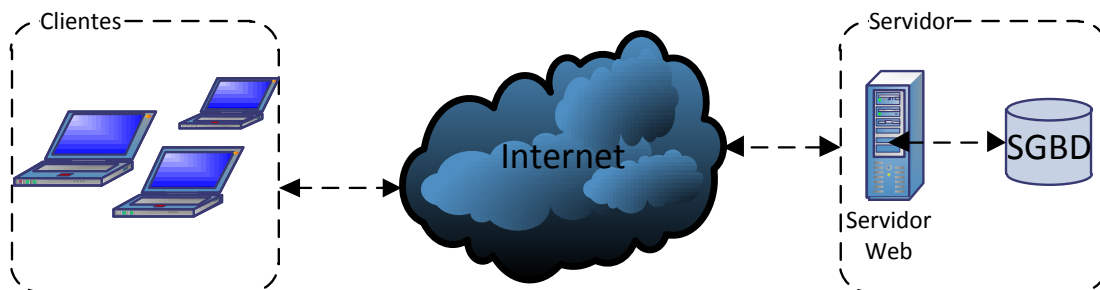


Figura 4-11. Arquitectura da ferramenta a implementar

Do lado do servidor, existem dois componentes, que são:

- Servidor *Web* – responsável pelo processamento dos pedidos dos clientes e onde a aplicação se encontra armazenada.
- Sistema de gestão de bases de dados (SGBD) – local onde os dados que servem de suporte à aplicação se encontram armazenados.

É comum que estes dois componentes sejam encontrados na mesma máquina, como é o caso implementado no servidor do GSBL. Contudo, é possível que estes componentes se encontrem em máquinas diferentes, de forma distribuída.

4.4 Funcionalidades

4.4.1 Perfis de utilizadores

Esta ferramenta tem definidos três perfis de utilizadores:

- Jogador – Irá tomar o papel de um operador de telecomunicações num cenário proposto. É responsável pela informação do respectivo operador, o que inclui as tecnologias, as arquitecturas e os tarifários;
- Gestor – Responsável por gerir cenários, os dados respectivos e acompanhar as subseqüentes simulações;
- Administrador – Gere os utilizadores registados, bem como novos registos. É ainda responsável pelo conteúdo da área de customização da plataforma e pela biblioteca de tecnologias/arquitecturas.

De salientar que estes perfis não são exclusivos, ou seja, um utilizador poderá conter todos estes perfis, sendo o perfil mais adequado activado consoante a situação/localização actual do mesmo no contexto da ferramenta.

Por exemplo, para um cenário um utilizador será considerado jogador se tiver um operador associado ao mesmo e não for o responsável por esse cenário. No entanto se for ele o responsável cenário será considerado como gestor.

O perfil de administrador dá alguns acessos especiais a áreas restritas para administração e customização da ferramenta. Um administrador pode também ser um gestor e/ou jogador em cenários que sejam criados pelo próprio ou outros.

4.4.2 Requisitos

4.4.2.1 Jogador

O jogador será capaz de editar a informação constante dos seus parâmetros, sejam tarifários, tecnologias, arquitecturas de rede ou equipamentos, tudo isto sempre inserido no contexto do cenário que terá seleccionado previamente. Poderá ainda consultar os resultados da simulação referentes ao(s) seu(s) respectivo(s) operador(es).

<i>Use Case</i>	<i>Descrição</i>	<i>Prioridade</i>
Adicionar/Editar tecnologias	Neste caso, o utilizador gere as tecnologias associadas ao(s) seu(s) operador(es).	Obrigatório
Seleccionar tecnologias da biblioteca como base para as do cenário	Deveria ser possível ao utilizador no momento de inserção de uma tecnologia, escolher de entre uma das opções disponíveis na biblioteca ou explicitamente começar do zero.	Desejável
Adicionar/Editar arquitecturas	O utilizador gere as arquitecturas associadas às tecnologias do(s) seu(s) operador(es).	Obrigatório
Adicionar/Editar equipamentos	O utilizador gere os equipamentos associadas às arquitecturas do(s) seu(s) operador(es).	Obrigatório
Adicionar/Editar tarifários	Neste caso, o utilizador gere os tarifários que o(s) seu(s) operador(es) oferece(m).	Obrigatório
Ver resultados dos operadores	Neste caso, o utilizador pode aceder aos resultados do(s) operador(es).	Obrigatório
Editar os seus dados de utilizador	O utilizador poderá editar os seus dados pessoais tais como e-mail, nome, etc.	Obrigatório

Tabela 4-21. Descrição e estado dos casos de uso a implementar no utilizador do tipo Jogador

4.4.2.2 Gestor

Um gestor não é mais do que um utilizador responsável pela simulação de um cenário, como tal é um perfil que apenas faz sentido quando aplicado no contexto de um cenário. Este utilizador será capaz de editar a informação constante dos cenários de que é responsável, sejam parâmetros de qualidade, demografia, geografia, tecnologias e arquitecturas de rede à disposição dos operadores, adicionar operadores a um determinado cenário, etc. Também poderá ter acesso à informação global de uma dada simulação, para ver como os operadores se estão a comportar.

<i>Use Case</i>	<i>Descrição</i>	<i>Prioridade</i>
Adicionar/Editar cenário	Neste caso de uso, o utilizador gere os dados referentes a um cenário.	Obrigatório
Adicionar/Editar parâmetros de evolução de mercado	Neste caso, o utilizador manipula os dados referentes aos parâmetros que servem de base para o cálculo da taxa global de penetração no mercado.	Obrigatório
Adicionar/Editar pesos qualidade	Neste caso de uso, o utilizador manipula os dados referentes aos pesos dos componentes do vector qualidade.	Obrigatório
Adicionar/Editar parâmetros económicos	Neste caso de uso, o utilizador manipula os dados referentes aos parâmetros nos quais se baseia o cálculo dos indicadores económicos	Obrigatório

	apresentados.	
Definir as tecnologias num cenário	Neste caso de uso, o utilizador poderá restringir quais as tecnologias permitidas no cenário em questão	Desejável
Adicionar/Editar operadores	Neste caso de uso, o utilizador pode gerir os operadores presentes no cenário	Obrigatório
Iniciar simulação	Neste caso de uso, o utilizador inicia o processo de simulação	Obrigatório
Simular unidade de tempo	Neste caso, o sistema simula uma unidade de tempo.	Obrigatório
Apagar dados simulados	Neste caso, o utilizador elimina os dados referentes a uma dada simulação efectuada.	Obrigatório
Ver resultados globais	Neste caso, o utilizador visualiza os resultados dos vários operadores presentes no cenário	Obrigatório
Editar os seus dados de utilizador	O utilizador poderá editar os seus dados pessoais tais como e-mail, nome, etc.	Obrigatório

Tabela 4-22. Descrição dos casos de uso de um Gestor

4.4.2.3 Administrador

Em acréscimo aos casos de uso descritos nas secções anteriores um utilizador com privilégios de administração será capaz de gerir toda a informação constante da aplicação, desde utilizadores até dados simulados e ainda a componente de biblioteca de tecnologias, arquitecturas e equipamentos da ferramenta.

<i>Use Case</i>	<i>Descrição</i>	<i>Prioridade</i>
Gerir utilizadores da ferramenta	Neste caso, o utilizador pode adicionar, editar ou remover utilizadores da ferramenta	Obrigatório
Gerir as tecnologias da biblioteca	O utilizador pode adicionar, editar ou remover as tecnologias presentes na biblioteca.	Obrigatório
Gerir as arquitecturas da biblioteca	O utilizador pode adicionar, editar ou remover as arquitecturas presentes na biblioteca.	Obrigatório
Gerir os equipamentos da biblioteca	O utilizador pode adicionar, editar ou remover os equipamentos presentes na biblioteca.	Obrigatório
Editar conteúdo da página inicial	Neste caso, o utilizador pode editar o conteúdo que aparece na página inicial	Desejável
Editar conteúdo da página de informações	O utilizador pode editar o conteúdo que aparece na página de informações da ferramenta	Desejável
Editar conteúdo da página de créditos	Aqui o utilizador poderá o editar o conteúdo mostrado na página de créditos	Desejável
Alterar estilo de apresentação da ferramenta	O utilizador poderá escolher o tema de apresentação da ferramenta de entre 24 opções pré-configuradas.	Opcional

Tabela 4-23. Descrição dos *use cases* do administrador

5 Implementação da plataforma *Web*

Neste capítulo, é descrita uma síntese das particularidades no que respeita à implementação desta plataforma/ferramenta. No Apêndice C são descritas as ferramentas e tecnologias utilizadas no desenvolvimento desta plataforma *Web*.

5.1 *Arquitectura da ferramenta implementada*

Como já foi referido na secção 4.3, a arquitectura da ferramenta baseia-se no modelo cliente-servidor. A implementação da ferramenta resulta na arquitectura ilustrada na Figura 5-1:

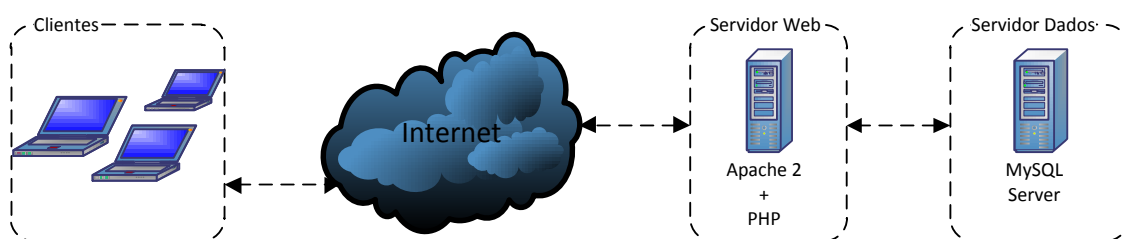


Figura 5-1. Arquitectura da ferramenta implementada

Neste caso, o servidor *Web* é o *Apache*, que corre nativamente aplicações *Web* desenvolvidas em *PHP*. O servidor de dados é o *MySQL Server*, e, para além do armazenamento de dados, é feita aqui a gestão do processo de simulação descrita anteriormente. O servidor *Web* e o servidor de dados encontram-se neste momento da mesma máquina, devido a esta configuração já se encontrar presente nos servidores do Grupo Sistemas de Banda Larga (GSBL).

Por outro lado, e uma vez que a ferramenta foi desenvolvida usando o padrão *MVC*, a estrutura da ferramenta desenvolvida neste padrão é a seguinte:

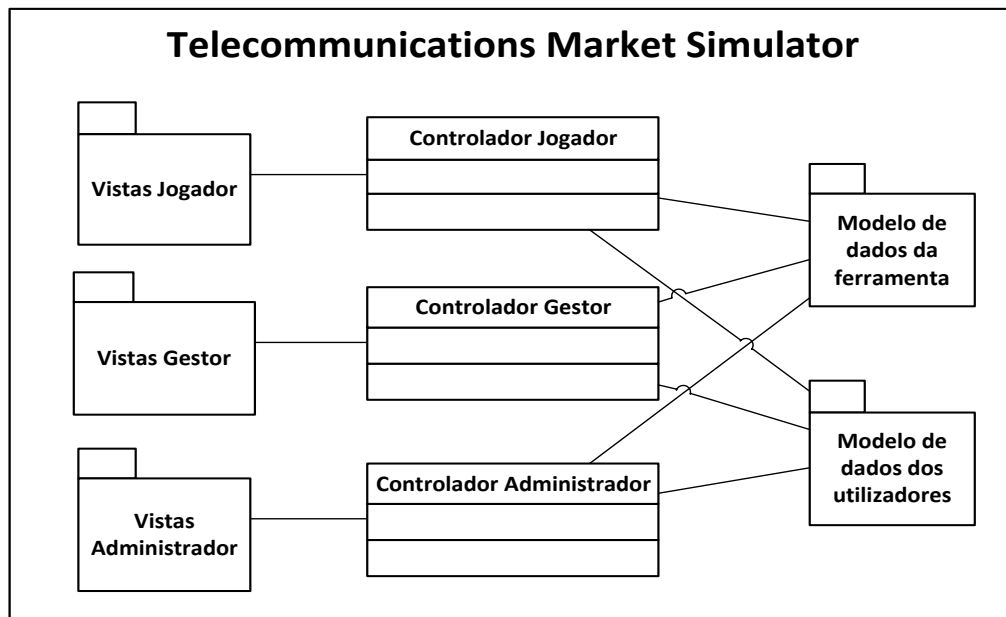


Figura 5-2. Classes definidas segundo o padrão MVC

O controlador, para cada tipo de utilizador, consiste no grupo de todos os pedidos que podem ocorrer por parte dos utilizadores e o respectivo processamento.

As vistas, para cada tipo de utilizador, são as respostas que os controladores vão gerar quando processam os pedidos.

5.2 Base de dados

A base de dados foi estruturada e desenvolvida tendo como referência o diagrama de classes apresentado na secção 4.2. Uma ilustração da estrutura completa da base de dados encontra-se no Apêndice D.

5.3 Especificidades da implementação

5.3.1 Autenticação de utilizadores

A autenticação dos utilizadores é baseada num modelo de par *username/password*. O utilizador deverá estar previamente registado na plataforma para poder usufruir de todas as funcionalidades que esta lhe disponibiliza.

Foram criadas *roles* correspondentes aos tipos de utilizador apurados durante a modelação da ferramenta. Com base nas *roles* criadas, foram criadas zonas de acesso exclusivo às mesmas.

5.3.2 Noção de tempo

A implementação refere-se ao tempo decorrido como “unidade de tempo”, do inglês *tick*, sendo apenas necessário categorizar o tempo decorrido, num contexto de visualização de dados.

5.3.3 Pontos de flexibilidade da rede de acesso

Como a base de dados está estruturada, o número de pontos de flexibilidade da rede de acesso é arbitrário, tendo em conta que a rede está estruturada de forma hierárquica, aproximando a topologia da rede ao modelo em árvore.

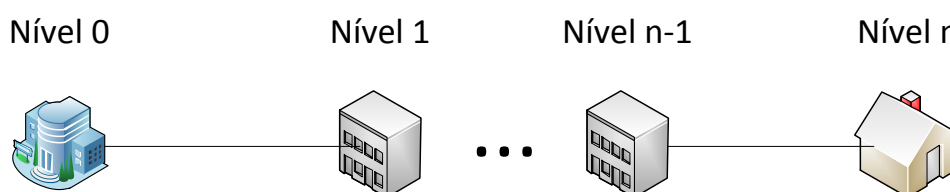


Figura 5-3. Esquema da estrutura das tipologias de rede que o sistema considera

Pela Figura 5-3, usando a abordagem em árvore, foi convencionado que o nível mais alto da rede (*nível 0*) ficaria ao nível do *Central Office* (CO), e que o seu nível mais baixo (*nível n*) ficaria ao nível das instalações do cliente.

5.4 Estado da implementação

Apesar de já ter sido referido na secção 4.4.1 é importante salientar de novo que um utilizador registado pode ser tanto Gestor como Jogador. A distinção entre estes papéis é feita consoante o utilizador é ou não (respectivamente) responsável pelo cenário em que se encontra actualmente.

Esta agilidade na gestão/controlo dos perfis atribuídos pela plataforma a cada utilizador permite-lhes ter uma maior liberdade de acções disponíveis:

- Um utilizador pode criar um cenário e registar um operador (ou vários) que estejam também sobre o seu controlo, podendo assim tomar o papel de múltiplos operadores e simular vários cenários em que tenha interesse em efectuar a análise de mercado;
- Um utilizador poderá registar um cenário em que os operadores são também controlados por outros operadores registados na plataforma, transformando assim a simulação numa situação de jogo/competição;
- O responsável pode passar o cargo de gestão de um cenário a um outro utilizador da sua confiança, e se possuir um operador nesse cenário passará então a ser um simples jogador no mesmo;
- Caso não tenha necessidade de criar os seus próprios cenários, um utilizador pode ser simplesmente um jogador num cenário de outrém.

Não esquecer também que em qualquer dos casos (de jogo ou simulação própria) um utilizador poderá sempre ter múltiplos operadores registados num mesmo cenário.

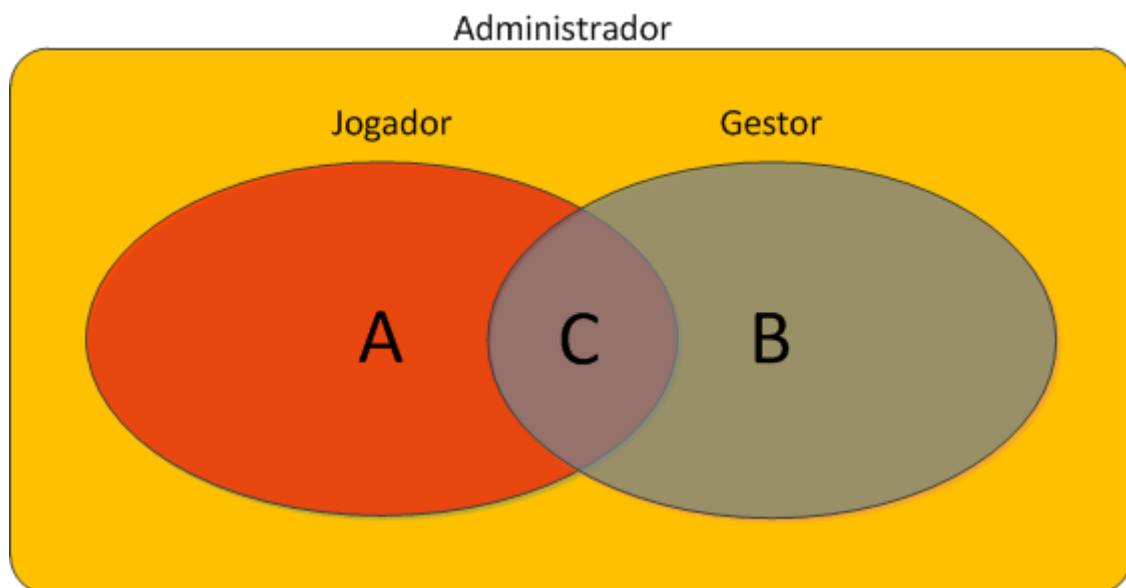


Figura 5-4. Diagrama representativo dos perfis de utilizador

Na Figura 5-4 contém um pequeno diagrama que pretende ilustrar a forma como os vários tipos de perfil podem co-existir entre si.

As situações A, B e C devem ser sempre analisadas no contexto de um cenário.

Aqui a situação A representa um utilizador que está no contexto de um cenário no qual tem um ou mais operadores registados sob o seu controlo mas cujo responsável pelo cenário é um outro utilizador da plataforma.

Na situação B temos um utilizador que é responsável pelo cenário actual, independentemente de ter sido o seu criador ou não, mas não controla qualquer dos operadores registados nesse mesmo cenário.

A terceira situação, C, é talvez aquela que se venha a revelar a mais comum. Aqui o utilizador é responsável pelo cenário actual e tem simultaneamente um ou mais operadores registados e sob seu controlo nesse mesmo cenário.

Por último, um administrador agrega às situações anteriormente descritas um conjunto de acessos especiais a algumas áreas restritas de gestão da plataforma.

No que toca às funcionalidades apuradas para um utilizador no papel de Jogador, estas encontram-se desenvolvidas de acordo com o apresentado na Tabela 5-1, estas devem ser vistas sempre dentro do contexto de um cenário:

<i>Use Case</i>	<i>Estado da implementação</i>
Adicionar/Editar tecnologias	Feito
Seleccionar tecnologias da biblioteca como base para as do cenário	Em desenvolvimento
Adicionar/Editar arquitecturas	Feito
Adicionar/Editar equipamentos	Feito
Adicionar/Editar tarifários	Feito
Ver resultados dos operadores	Feito
Editar os seus dados de utilizador	Feito

Tabela 5-1. Estado da implementação dos *use cases* definidos para o Jogador

No que diz respeito às funcionalidades apuradas para o Gestor, a larga maioria destas encontra-se desenvolvida:

<i>Use Case</i>	<i>Estado da implementação</i>
Adicionar/Editar cenário	Feito
Adicionar/Editar parâmetros de evolução de mercado	Feito
Adicionar/Editar pesos qualidade	Feito
Adicionar/Editar parâmetros económicos	Feito
Definir as tecnologias num cenário	Em desenvolvimento

Adicionar/Editar operadores	Feito
Iniciar simulação	Feito
Simular unidade de tempo	Feito
Apagar dados simulados	Feito
Ver resultados globais	Feito
Editar os seus dados de utilizador	Feito

Tabela 5-2. Estado da implementação dos *use cases* definidos para o Gestor

Relativamente às funcionalidades destinadas ao Administrador, todas elas se encontram implementadas, desde as obrigatórias às opcionais:

<i>Use Case</i>	Estado da implementação
Gerir utilizadores da ferramenta	Feito
Gerir as tecnologias da biblioteca	Feito
Gerir as arquitecturas da biblioteca	Feito
Gerir os equipamentos da biblioteca	Feito
Editar conteúdo da página inicial	Feito
Editar conteúdo da página de informações	Feito
Editar conteúdo da página de créditos	Feito
Alterar estilo de apresentação da ferramenta	Feito

Tabela 5-3. Estado da implementação dos *use cases* definidos para o Administrador

5.5 Interface de utilizador

Nesta secção, vão ser apresentadas algumas imagens da interface de utilizador, com o devido enquadramento. Não será focada esta característica na apresentação que se segue, mas deve manter-se presente que um utilizador autenticado pode editar os detalhes do seu perfil a qualquer momento. Os dados passíveis de serem actualizados são os mesmos que são inseridos aquando do acto de registo do utilizador.

5.5.1 Vista de utilizador não autenticado

Quando chegamos à página inicial, aparece uma breve descrição da ferramenta, como ilustrado na Figura 5-5:

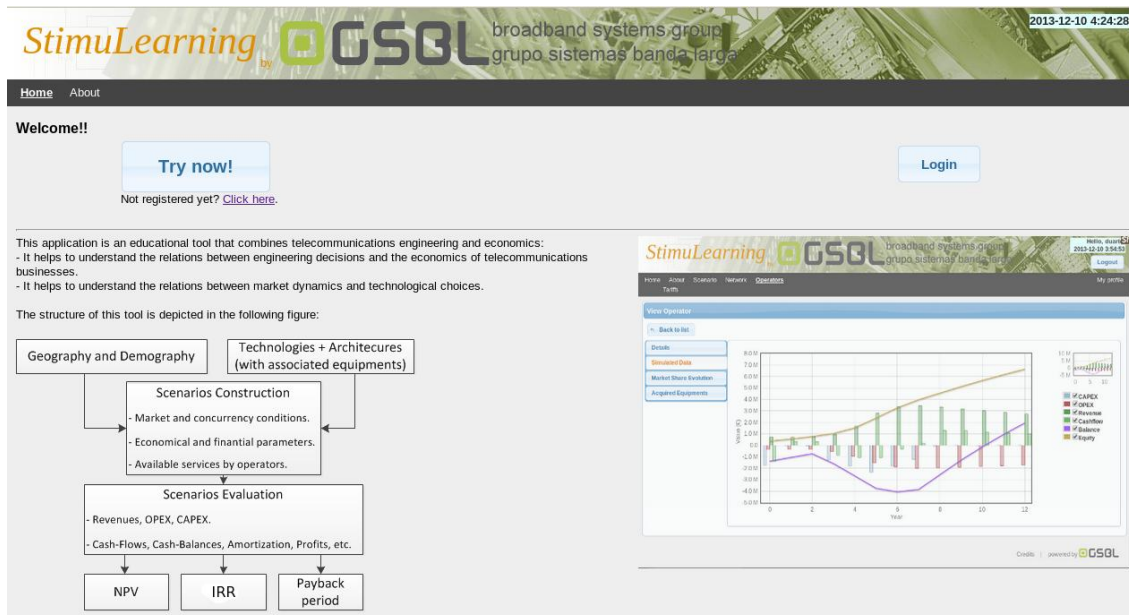


Figura 5-5. Vista da página inicial

A partir desta página o visitante tem várias opções disponíveis: ir para o modo de demonstração, registar uma nova conta de utilizador, seguir para a página de *login*, ver a página de informações adicionais sobre (*About*) a plataforma ou aceder à página de créditos através de uma hiperligação sempre disponível no rodapé.

Na página de informação adicional estão disponíveis alguns detalhes complementares relativamente a esta ferramenta:

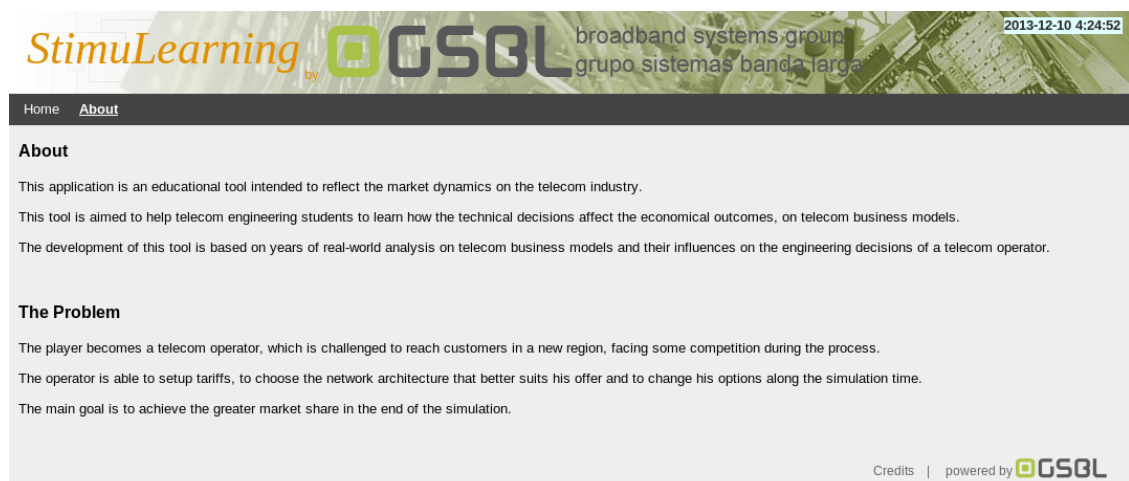


Figura 5-6. Vista da página "Sobre"

Está também disponível na plataforma alguma informação relativa a contributos e/ou parcerias importantes relativamente ao desenvolvimento desta ferramenta. Esta informação está contida na página “Credits”:

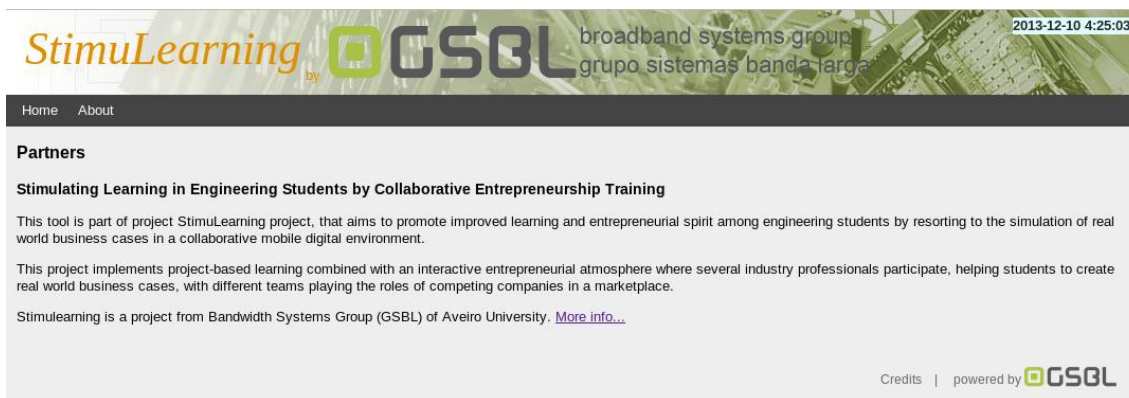


Figura 5-7. Vista da página de créditos

Se o visitante ainda não tiver uma conta de utilizador registada na ferramenta pode fazê-lo seguindo a hiperligação disponível abaixo do botão “Try now!”, sendo redireccionado para a seguinte página de registo:

The image shows the registration page of the StimuLearning website. At the top, there is a navigation bar with 'Home' and 'About' links. Below the navigation bar is a blue header with the text 'Register new user'. The main content area contains a registration form with the following fields: 'Name *', 'Username *', 'Email *', 'Filiation (University) *', 'Department / Faculty / School *', 'Password *', and 'Confirm password *'. Each field has a corresponding text input box. There are two 'Save' buttons: one at the top right of the form and one at the bottom right. A footer at the bottom right says 'Credits | powered by GSBL'.

Figura 5-8. Página de registo de um novo utilizador

Após o registo com sucesso o utilizador pode então dirigir-se à página de *login* para efectuar a sua autenticação:



Figura 5-9. Página para autenticação na ferramenta

5.5.2 Vista do utilizador autenticado (enquanto gestor)

Quando um utilizador faz *login*, se já tiver criado previamente cenários e os mesmos ainda estejam a decorrer, aparece uma lista de botões para acesso rápido aos cenários de que é responsável, tal como aparece na Figura 5-10:



Figura 5-10. Vista da página inicial enquanto “gestor”

Se o utilizador quiser visualizar todos os cenários da sua responsabilidade, incluindo aqueles cuja simulação já terminou pode clicar em “*Scenarios*” sendo direccionado para o seguinte interface de listagem:



Description	Started	Total clients	Current tick	Lifespan	Tick alias	# decision pts	Finished	Actions
Hipótese A		300.000	0	36	Year	5		Show Edit Delete
Hipótese C		13.000	0	36	Year	5		Show Edit Delete
Hipótese a 3 operadores		350.000	0	36	Year	2		Show Edit Delete

Figura 5-11. Interface de listagem de cenários dos quais o utilizador é o responsável

Se o utilizador em algum momento pretender criar um novo cenário, basta seguir a hiperligação “*Create new scenario...*” disponível na página inicial ou através do botão “+ *New*” que se encontra na página de listagem referida acima. A partir daí o utilizador é direccionado para a página de registo de um novo cenário:

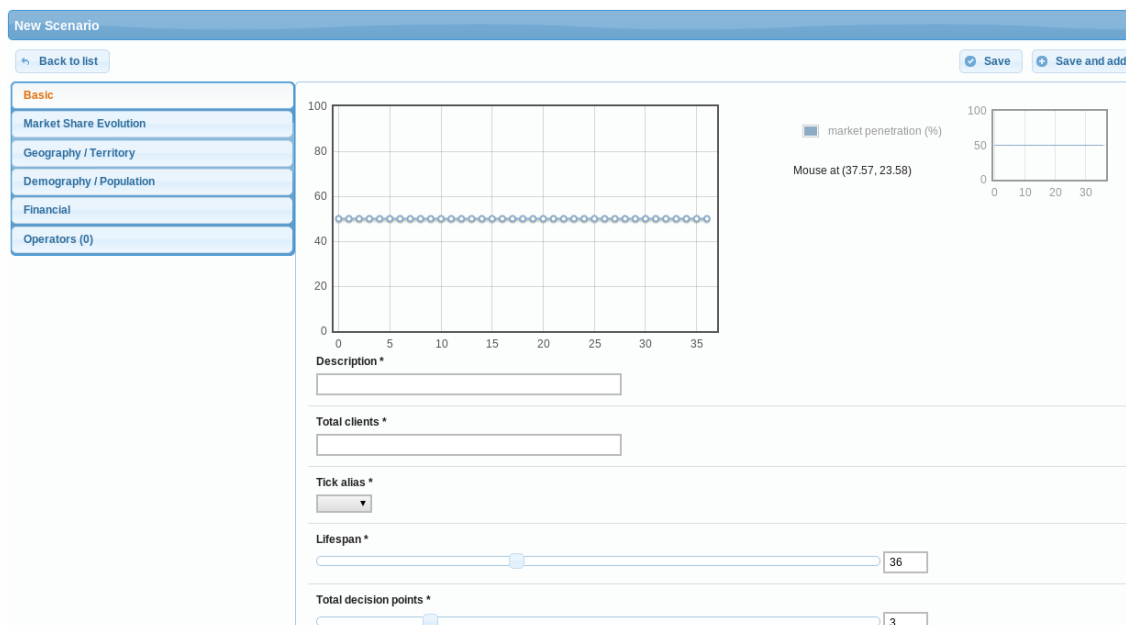


Figura 5-12. Página para criação de um novo cenário

Os campos de um cenário estão organizados em várias áreas, acessíveis através da navegação pelos separadores laterais:



Figura 5-13. Separadores laterais disponíveis na página de um cenário

O utilizador deverá preencher todos os campos obrigatórios (marcados com um asterisco) antes de tentar submeter os dados para o cenário ou o registo irá falhar e será apresentada uma página com os detalhes que se apresentem incorrectos ou insuficientes:

Figura 5-14. Página de erros após submeter formulário de dados com detalhes em falta

Quando um cenário é criado com sucesso, ou é seleccionado para edição um da lista apresentada na Figura 5-10 ou Figura 5-11, aparece o seguinte:

Parameter	Value
Dense urban distribution	25.00 %
Dense urban population *	87500
Urban distribution	25.00 %
Urban population *	87500
Suburban distribution	25.00 %
Suburban population *	87500
Rural distribution	25.00 %
Rural population *	87500

Figura 5-15. Página de edição dos detalhes de um cenário

Como podemos verificar na Figura 5-15, aparecem os dados que respeitam ao cenário em si, tais como a demografia/população, a geografia/território, os parâmetros económicos, os parâmetros de evolução do mercado, etc.

Quando manipulamos os parâmetros de evolução de mercado, o gráfico disponível no separador “Basic” é actualizado.

Podemos também alterar quem é o utilizador responsável pelo cenário, é preciso ter presente no entanto que ao fazê-lo perdemos os direitos de gestão do mesmo.

No caso de o cenário ter múltiplos operadores registados são também disponibilizados para edição os pesos para o cálculo do vector qualidade, tal como apresentado na Figura 5-16:

Operator	Starting market size	Market Share	User (Controller)	Created At
Operador A	5.250	30,00 %	Hugo Silveirinha Félix	10-12-2013 22:36:35
Operador B	5.775	33,00 %	António Manuel Cerqueira Alves	10-12-2013 22:36:35
Operador C	6.475	37,00 %	Anibal Manuel de Oliveira Duarte	10-12-2013 22:36:35

+ New Operator

Weights for Quality Vector

Number of services weight ? Small explanation here... 30.00 %

Download weight ? Small explanation here... 3.00 %

Upload weight ? Small explanation here... 3.00 %

Rate weight ? Small explanation here... 3.00 %

Fee weight ? Small explanation here... 5.00 %

Occupation rate weight ? Small explanation here... 1.00 %

Containment factor weight ? Small explanation here...

Figura 5-16. Secção "Operators" dos detalhes de um cenário

Também é possível gerir toda a dinâmica da simulação, com os botões existentes imediatamente abaixo do cabeçalho:

Initialize Simulation Edit Delete

Figura 5-17. Acções disponíveis num cenário cuja simulação ainda não foi iniciada

Next Tick Next Decision Finish

Figura 5-18. Acções disponíveis para um cenário com simulação a decorrer

Antes de iniciar uma simulação para um qualquer cenário do qual o utilizador seja responsável é no entanto necessário registar pelo menos um operador no mesmo. Para tal pode clicar em “Operators” no menu superior acedendo à interface de listagem de operadores do cenário actual:

Name	Starting market size	Market Share	Current market size	N.P.V.	I.R.R.	Payback	User	Actions
Operador A	5.250	30,00 %	5.659	€ 0,00		0,00	Hugo Silveirinha Félix	Show
Operador B	5.775	33,00 %	6.225	€ 0,00		0,00	António Manuel Cerqueira Alves	Show
Operador C	6.475	37,00 %	6.979	€ 0,00		0,00	Anibal Manuel de Oliveira Duarte	Show

Figura 5-19. Lista de operadores registados no cenário actual

A partir daqui e usando o botão “+ New” ou em alternativa usando o botão “New Operator” disponível no separador “Operators” nos detalhes de um cenário é possível entrar na página de registo de um novo operador:

New Operator

Back to list Save Save and add

Name *

Starting market size *

User (Controller) *

Artur Daniel Santos Melo

Back to list Save Save and add

Figura 5-20. Página de registo de novo operador para um cenário

O operador pode ser associado a qualquer utilizador já registado na plataforma.

Após o registo é possível editar os detalhes do operador enquanto a simulação do cenário a que o mesmo pertence não for iniciada.

A partir daqui o registo e controlo dos restantes componentes associados a um cenário, tais como tecnologias e arquitecturas, é efectuado pelos utilizadores que controlam os operadores associados ao cenário.

5.5.3 Vista do utilizador autenticado (enquanto jogador)

Quando um utilizador faz *login* volta à página inicial mas agora tem disponível uma lista dos cenários com simulações não terminadas no qual tem operadores registados, como é visível na Figura 5-21:



Figura 5-21. Página de entrada quando um “jogador” inicia sessão

Assim que o utilizador seleccione um cenário estará disponível um conjunto de opções novas no menu superior:



Figura 5-22. Menu superior no contexto de um cenário

Quando escolhemos “Network” seguimos directamente para a primeira entrada do sub-menu: “Technologies”, aparecendo a seguinte página:

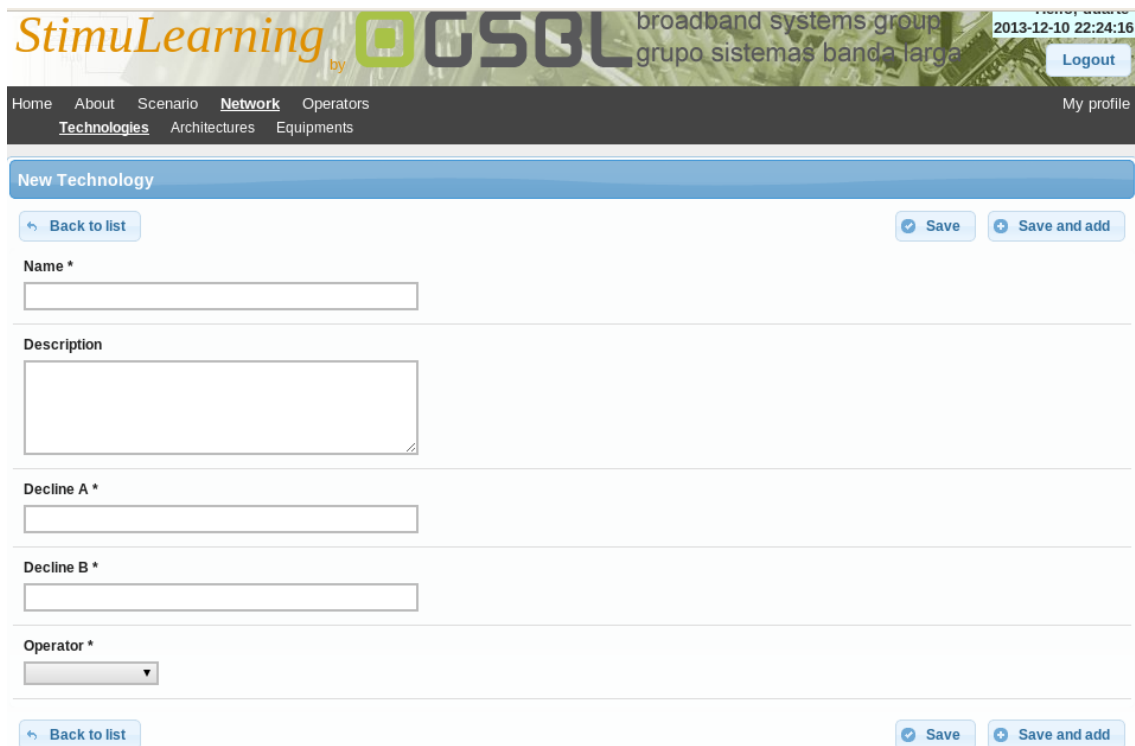


The screenshot shows the StimuLearning by GSBL web application interface. The header includes the logo and navigation links: Home, About, Scenario, Network, Operators, Technologies, Architectures, and Equipments. A user profile section shows 'Hello, duarte' and a 'Logout' button. The main content area displays a table of technologies under the 'Technologies' tab. The table has columns for Name, Description, First tick available, Decline A, Decline B, Operator, Architecture, and Actions. A single entry for 'FTTH' is shown with a description 'Fiber To The Home' and various numerical values. A '+ New' button is located above the table. The footer indicates 'Credits | powered by GSBL'.

Name	Description	First tick available	Decline A	Decline B	Operator	Architecture	Actions
FTTH	Fiber To The Home	0	248.000	3.630	Operador Único	FTTX	Show Edit Delete

Figura 5-23. Lista de tecnologias registadas para os meus operadores

Como podemos verificar na Figura 5-23, são listadas as tecnologias actualmente associadas ao cenário e registadas para os operadores que o utilizador controla nesse mesmo cenário. Quando pretendemos adicionar uma tecnologia ao cenário em questão basta clicar no botão “+ New”, aparecendo a página:

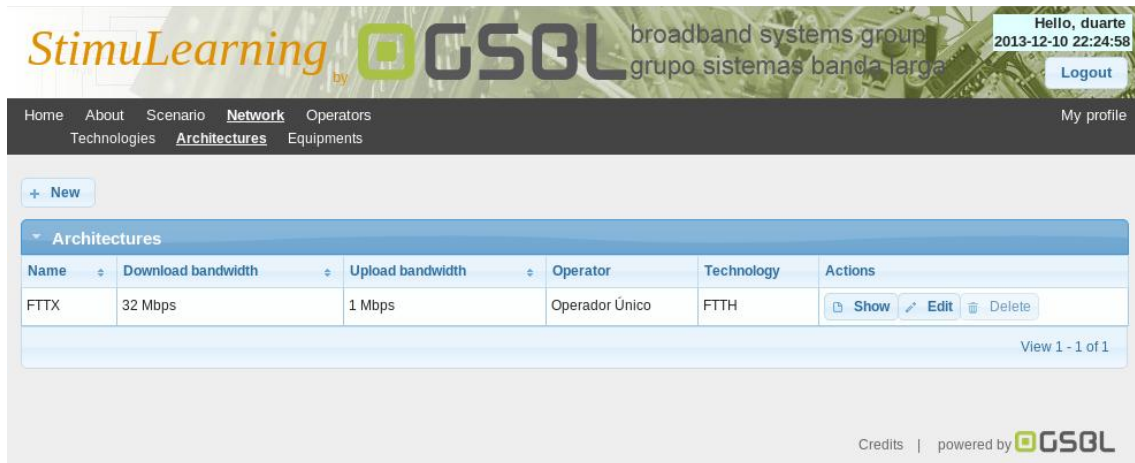


The screenshot shows the 'New Technology' form in the StimuLearning by GSBL web application. The form includes fields for Name, Description, Decline A, Decline B, and Operator. There are 'Back to list', 'Save', and 'Save and add' buttons. The form is titled 'New Technology' and has a 'Logout' button in the top right corner.

Figura 5-24. Página de criação de uma nova tecnologia

Na página mostrada na Figura 5-24, podemos definir o momento de disponibilização no cenário da tecnologia e os parâmetros de penetração e declínio dessa tecnologia no mercado actual que lhe possam estar associados.

Seguindo agora para “*Architectures*”, temos a seguinte interface de listagem:



Name	Download bandwidth	Upload bandwidth	Operator	Technology	Actions
FTTX	32 Mbps	1 Mbps	Operador Único	FTTH	Show Edit Delete

Figura 5-25. Lista de arquiteturas de rede por tecnologia

Aparece na Figura 5-25 uma lista das arquiteturas de rede filtradas por tecnologias registadas para os meus operadores e presentes no cenário seleccionado.

Quando pretendemos adicionar uma nova arquitetura de rede, seleccionamos “+ New”, aparecendo a seguinte página:

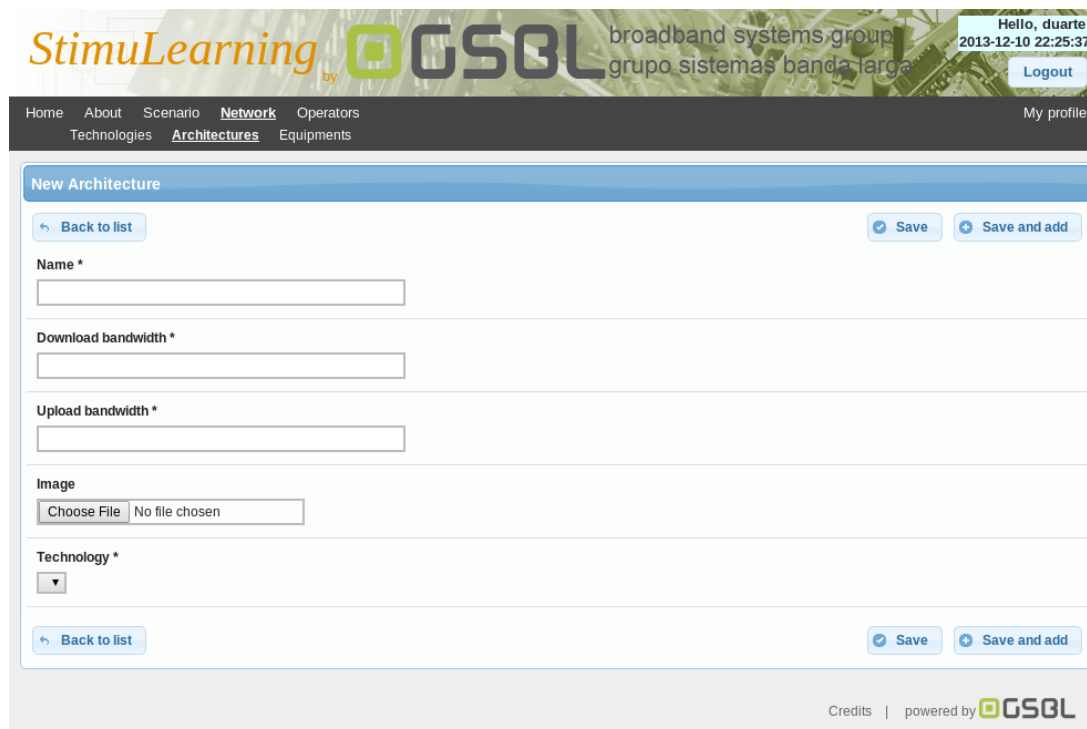


Figura 5-26. Página para adição de arquitectura de rede

Como podemos ver na Figura 5-26, são definidas as propriedades da arquitectura de rede a adicionar: uma breve descrição da arquitectura, a tecnologia associada, bem como as taxas de débito de tráfego disponíveis para os clientes. Apenas é possível escolher de entre tecnologias que ainda não tenham uma arquitectura associada.

Quando é adicionada uma arquitectura de rede com sucesso, ou então é seleccionado um item na lista ilustrada na Figura 5-25, são apresentados os detalhes dessa mesma arquitectura:

Figura 5-27. Página de edição com os detalhes da arquitectura de rede

Devemos agora inserir todos os equipamentos que fazem parte da estrutura da arquitectura criada.

Vamos então a “*Equipments*” para aceder à lista dos equipamentos já registados:

The screenshot shows the StimuLearning by GCSOL web application. The header includes the logo and navigation links: Home, About, Scenario, Network, Operators, Technologies, Architectures, and Equipments. A user profile section shows 'Hello, duarte' and the date '2013-12-10 22:30:53' with a Logout button. The main content area is titled 'Equipments' and features a table with columns: Name, Starting price, # of ports, Net. lvl, Lifespan, Type, Nature or purpose, Technology age, Setup speed, Architecture, and Actions. The table lists three equipment types: Base, Intermédio, and Terminal. Each row has 'Show', 'Edit', and 'Delete' buttons. A '+ New' button is located at the top left of the equipment list. The footer indicates 'Credits | powered by GCSOL'.

Name	Starting price	# of ports	Net. lvl	Lifespan	Type	Nature or purpose	Technology age	Setup speed	Architecture	Actions
Base	€ 1.000.000,00	32	0	40 ticks	Wired	Electronics (0.9)	Emerging (0.001)	Very slow (40)	FTTX	Show Edit Delete
Intermédio	€ 30.000,00	64	1	40 ticks	Wired	Fiber cables (0.8)	Emerging (0.001)	Very slow (40)	FTTX	Show Edit Delete
Terminal	€ 20,00	1	2	40 ticks	Wired	Passive Optical Components (0.8)	Emerging (0.001)	Very slow (40)	FTTX	Show Edit Delete

Figura 5-28. Lista de equipamentos dos operadores do utilizador

Quando pretendemos adicionar um novo equipamento, seleccionamos “+ *New*”, aparecendo a página apresentada na Figura 5-29:

The screenshot shows the 'New Equipment' form. It includes a 'Back to list' button and 'Save' and 'Save and add' buttons. The form fields are: Architecture (dropdown), Name (text input), Starting price (text input), Capacity (text input with a tooltip: '? On wired devices this is the number of ports.'), Network level (text input), Life expectation (text input), Equipment type (dropdown), Nature or purpose (dropdown), Technology age (dropdown), and Setup speed (dropdown).

Figura 5-29. Página para adição de novo equipamento a uma arquitectura de rede

Nesta página é possível definir uma breve descrição do equipamento, o tipo do mesmo, se é com fio ou sem fio, as classes do equipamento como descritas na secção 3.4, o preço inicial do equipamento, a sua capacidade e o tempo de vida esperado.

Com toda a estrutura de rede definida resta agora criar os tarifários a disponibilizar aos clientes de cada operador.

Quando um utilizador pretende gerir os seus tarifários disponibilizados, basta seleccionar “*Tariffs*”, sendo apresentado:

Name	Setup fee	Cost per user	CAPEX percentage	Monthly fee	Technology	Operator	Actions
Triple-play	€ 0,00	€ 120,00	10,00 %	40,00	FTTH	Operador Único	Show Edit Delete

Figura 5-30. Lista dos tarifários de um dado operador

Os tarifários que aparecem listados serão automaticamente filtrados pelo cenário escolhido e pelos operadores do utilizador actual.

Quando o operador pretende adicionar um novo tarifário, selecciona “+ *New*”:

Figura 5-31. Página de criação de um novo tarifário

São definidos os campos de descrição, número de serviços, a taxa de contenção pretendida. Também se definem os valores do preço do tarifário e a percentagem de utilizadores que se pretende que adiram ao mesmo.

Ao seleccionar um dos tarifários na vista da Figura 5-30, será redireccionado para a página semelhante à apresentada na Figura 5-31 onde será permitido alterar os valores contidos nos vários campos que compõem um tarifário.

5.5.4 Vista do administrador

Enquanto utilizador com privilégios de administração (referido como administrador nesta secção) é possível aceder a algumas áreas de controlo restrito. No lado direito do menu aparecem algumas opções indisponíveis até agora:



Figura 5-32. Menu com as opções de administração

O administrador pode gerir a biblioteca de tecnologias, arquitecturas e equipamentos. Uma vez que os interfaces de listagem, inserção e edição destes três módulos são bastante semelhantes aos apresentados nos módulos homónimos da área “*Network*” de um cenário não serão colocadas aqui imagens relativamente aos mesmos.

Para além da biblioteca, um administrador é responsável por gerir a área de customização da ferramenta, nomeadamente o conteúdo das páginas inicial, informações sobre a plataforma e créditos, bem como a apresentação da plataforma. Isto pode ser feito na página apresentada (parcialmente) na Figura 5-33:

Customization

Save

Homepage text *

<p>This application is an educational tool that combines telecommunications engineering and economics.

- It helps to understand the relations between engineering decisions and the economics of telecommunications businesses.

- It helps to understand the relations between market dynamics and technological choices.

The structure of this tool is depicted in the following figure:

The tool can be used in two basic contexts:

- To study the implications between technologies, architectures, deployment plans, etc on the associated business cases.

- To study the implications between competition and telecommunication engineering design options.

About page content *

<h2>About</h2>

<p>This application is an educational tool intended to reflect the market dynamics on the telecom industry.</p>

<p>This tool is aimed to help telecom engineering students to learn how the technical decisions affect the economical outcomes, on telecom business models.</p>

<p>The development of this tool is based on years of real-world analysis on telecom business models and their influences on the engineering decisions of a telecom operator.</p>

<h2>The Problem</h2>

<p>The player becomes a telecom operator, which is challenged to reach customers in a new region, facing some competition during the process.</p>

<p>The operator is able to setup tariffs, to choose the network architecture that better suits his offer and to change his options along the simulation time.</p>

<p>The main goal is to achieve the greater market share in the end of the simulation.</p>

Credits page content *

<h2>Partners</h2>

<h3 style="text-align: left;">

Stimulating Learning in Engineering Students by Collaborative Entrepreneurship Training</h3>

<p>This tool is part of project Stimul learning project, that aims to promote improved learning and entrepreneurial spirit among engineering students by resorting to the simulation of real

Figura 5-33. Página de customização da ferramenta

A gestão dos utilizadores registados é também da responsabilidade do(s) administrador(es), para isso poderá aceder à interface de listagem de utilizadores através da opção “Users” disponível do lado direito do menu superior:

StimuLearning

by GSQL

broadband systems group

grupo sistemas banda larga

Hello, adsmelo

2013-12-10 4:19:47

Logout

Home About Scenarios

Library Customization **Users**

+ New

Users

Filters Reset

Name	Username	Email	Filiation (University)	Is admin	Last login	Actions
Artur Daniel Santos Melo	adsmelo	adsmelo@ua.pt	University of Aveiro	Yes	2013-12-10 04:10:55	Show Edit Delete
Hugo Silveirinha Félix	hsfelix	hsfelix@ua.pt	University of Aveiro			Show Edit Delete
António Manuel Cerqueira Alves	aalves	aalves@ua.pt	University of Aveiro			Show Edit Delete
Anibal Manuel de Oliveira Duarte	duarte	duarte@ua.pt	University of Aveiro		2013-12-10 03:58:51	Show Edit Delete

View 1 - 4 of 4

Credits

powered by GSQL

Figura 5-34. Interface de listagem dos utilizadores registados

A partir daqui o utilizador pode adicionar, editar ou remover utilizadores.

De salientar o formulário de edição de um utilizador para um administrador, em que é disponibilizado um campo especial para marcar um utilizador como administrador:

Figura 5-35. Página de edição de conta de utilizador por parte de um administrador

5.5.5 Modo de demonstração

Caso um visitante pretenda testar esta ferramenta sem no entanto se “vincular” a ela através do registo de uma conta de utilizador poderá fazê-lo livremente. O modo de demonstração funciona tal como a ferramenta em modo “normal” e é acedido entrando com uma conta de acesso (utilizador: “*demonstration*” e palavra-chave: “*trythistool*”) um pouco mais restrito, criada especialmente para o efeito. As principais diferenças face ao modo normal são: o facto do utilizador/visitante ter já um cenário de exemplo pré-carregado e deste apenas poder criar cenários e operadores associados ao utilizador “*demonstration*”.

Para aceder a este modo basta a partir da página inicial para visitantes mostrada na Figura 5-5, clicar no botão “*Try now!*” sendo redireccionados para a página de *login* de acesso ao modo de demonstração:



Figura 5-36. Página de login para acesso ao modo de demonstração

Pode-se ver um aviso no final desta página que notifica o utilizador/visitante de que os dados contidos no modo de demonstração serão restabelecidos para os valores base todos os dias às 04h00.

Os restantes interfaces já foram previamente descritos nas vistas de utilizador enquanto jogador e gestor. Apenas de salientar que neste modo de demonstração estará sempre presente na barra do menu superior um aviso, apresentado na Figura 5-37:



Figura 5-37. Menu superior no modo de demonstração

Serve este para o utilizador/visitante perceber claramente e a todo o instante que está num modo de demonstração e que os dados que inserir/editar não são permanentes.

5.6 Testes e validação

Vamos agora considerar um cenário, em que se considera uma dada região servida por ADSL. O esquema da configuração ADSL existente é demonstrado na Figura 5-38:

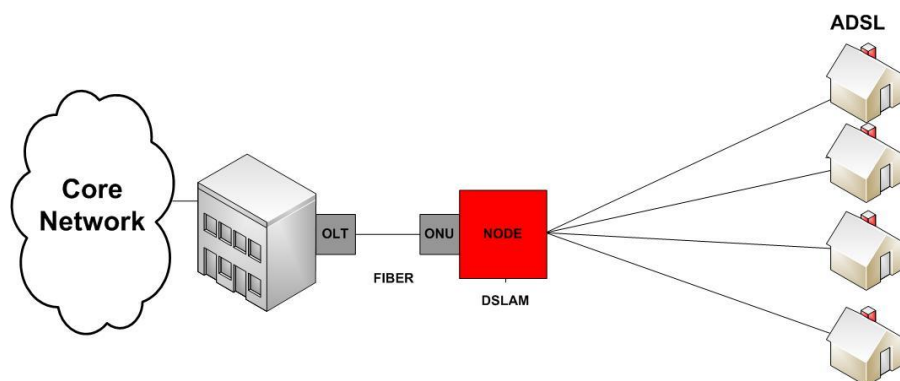


Figura 5-38. Exemplo de uma configuração ADSL

Vamos partir do pressuposto que os operadores presentes nesta região, possuem já um conjunto de clientes e que os irão tentar persuadir a migrar para o seu novo serviço de FTTH, cuja configuração está patente na Figura 5-39:

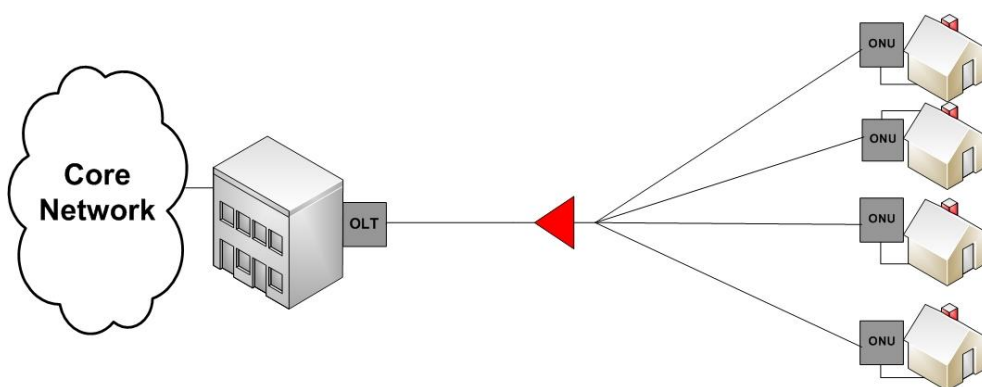


Figura 5-39. Exemplo de uma configuração FTTH

Para apoiar esta simulação fez-se uso da ferramenta de cálculo criada e introduzida no Apêndice A, secção A.5, na qual se aplicou um modelo simplificado de uma rede de acesso com uma configuração ponto-multiponto, do tipo estrela, de estrelas com 3 pontos de flexibilidade, conforme mostrada na Figura 5-39:

- Estação local onde está localizado o equipamento necessário para dialogar com a rede;
- Ponto de distribuição/agregação;
- Ponto de interligação ao cliente.

Poderá haver alguma surpresa pelo facto da rede se apresentar assim tão simples, e não se ter em conta a maior parte dos componentes, quanto mais não seja a fibra que os interliga todos, para não falar da elevada quantidade de trabalho de construção civil, eventualmente necessário. No entanto, vamos pressupor que o preço acordado com a empresa responsável pela montagem dos diversos itens, já incluía todos estes trabalhos

e componentes e estes são os ilustrados na Tabela 5-4, que nos mostra também os rácios de partilha de cada um dos equipamentos utilizados nos 3 pontos de flexibilidade:

	Custo	Rácio
Item 1 (utilizador)	35€	1:1
Item 2	60.000€	1:64
Item 3 (central Office)	1.600.000€	1:32

Tabela 5-4. Custo e rácios de partilha dos vários equipamentos

A Figura 5-40 mostra os diversos itens e o rácio de cada um, aplicados na configuração FTTH desejada.

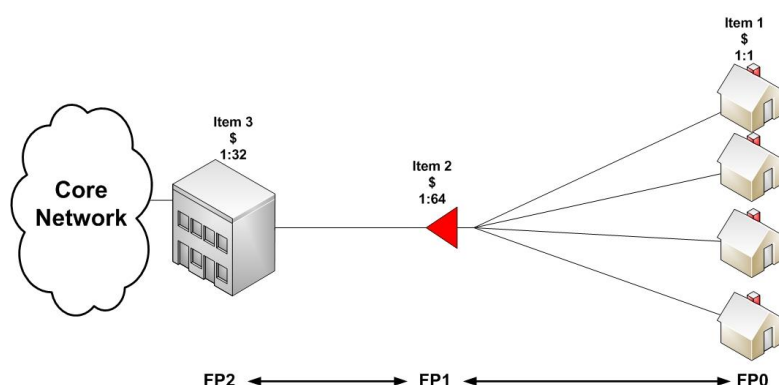


Figura 5-40. Solução FTTH com os diferentes itens e respectivos rácios

De uma forma muito simples também, possibilitou-se que cada operador pudesse fazer um *upgrade* à sua infra-estrutura, permitindo-lhe desta forma duplicar a sua largura de banda de *upload* e a sua largura de banda de *download* a fim de melhorar o seu serviço. Para tal, o operador tem a possibilidade de mudar o rácio do item 2, de um suporte para 64 utilizadores (1:64) para um suporte de 32 utilizadores (1:32). Apesar de atraente, tal *upgrade* poderá acarretar pesadas despesas para o operador em causa, pelo que tal melhoramento deverá ser cuidadosamente estudado e quando efectuado, é aconselhável que seja implementado de uma forma progressiva.

Consideremos então que na mesma zona estão presentes não apenas um, mas três operadores distintos, todos eles lutando entre si pela maior quota de mercado. Neste caso, cada operador terá que se preocupar com a qualidade de serviço que presta aos seus clientes, sob pena de que, caso esta seja inferior à qualidade de serviço oferecida pelos seus concorrentes, o operador em causa corra sérios riscos de ver os seus clientes prescindirem do seu serviço, para começarem a utilizar o serviço de outros operadores.

Conforme referido, a qualidade de cada operador é imprescindível e o vector que a define tem como parâmetros o número de serviços oferecidos pelos diferentes operadores (normalmente *triple play*), os tarifários que cobram aos seus clientes (tarifa de instalação do serviço e a mensalidade do mesmo), a largura de banda de *upload* e a largura de banda de *download* que oferecem, e ainda um parâmetro que define o sobre carregamento da rede do operador, o que conduz a uma menor qualidade de serviço.

Cada operador deverá portanto tentar manter a sua qualidade relativa o mais alta possível, quer oferecendo o maior número de serviços possível, quer apresentando tarifários de valor mais reduzido que os seus concorrentes, quer ainda investindo na sua infra-estrutura a fim de poder oferecer uma maior largura de banda aos seus clientes. Este *upgrade*, deverá contudo ser bastante bem pensado uma vez que embora possa melhorar bastante a qualidade de serviço do operador em causa, e consequente *market-share*, também poderá ter um efeito adverso, caso o operador não consiga recuperar o investimento realizado (se praticar, por exemplo, tarifas excessivamente reduzidas).

Consideremos ainda uma zona onde estão presentes 350 mil potenciais utilizadores, e a curva logística que modela o crescimento de mercado que cuja taxa de penetração varia entre 5% e 40% e está apresentada na Figura 5-41:

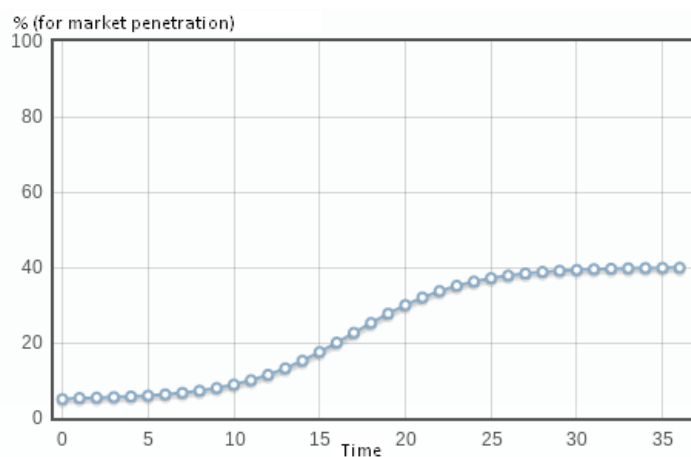


Figura 5-41. Curva logística de crescimento do mercado

5.6.1 Enquadramento da simulação

Consideremos então que os três operadores, Operador A, Operador B e Operador C respectivamente, partem com a situação de mercado descrita na Tabela 5-5. Esta situação inicial de mercado é apenas um pressuposto, que pode ter sido atingido por um

sem número de situações como por exemplo marketing ou uma campanha de publicidade mais agressiva:

	Operador A	Operador B	Operador C
Nº Utilizadores possível de atingir	105.000	115.500	129.500
Quota de mercado inicial	30%	33%	37%
Nº de clientes inicial	5.250	5.775	6.475
Tarifa de instalação inicial	25€	25€	50€
Mensalidade Pacote 1	54€	50€	54€
% Utilizadores Pacote 1	75%	60%	50%
Mensalidade Pacote 2	50€	42€	50€
% Utilizadores Pacote 2	25%	40%	50%

Tabela 5-5. Estado inicial do mercado e ofertas dos operadores

Ao fim de 12 unidades de tempo os três operadores têm a possibilidade de fazer alterações nos seus tarifários. A distribuição de mercado é a seguinte:

	Operador A	Operador B	Operador C
Nº utilizadores possível de atingir	103.091	129.711	117.198
Quota de mercado	29,45%	37,06%	33,49%
Nº de clientes actual	11.805	14.853	13.420

Tabela 5-6. Distribuição de mercado ao fim de 12 unidades de tempo

O Operador A, ao final destes 12 períodos de tempo, é o operador com menor quota de mercado. Apesar da descida ter sido bastante reduzida este opta por reduzir o valor praticado até então nos seus tarifários esperando com isto conseguir atrair alguns clientes e melhorar assim a sua quota de mercado.

No final do período das primeiras 12 unidades de tempo, o Operador B encontra-se numa situação de crescimento do seu *market share*, pelo que a sua aposta irá ser de continuidade, optando por não fazer qualquer tipo de alterações, quer no que concerne à sua infra-estrutura, quer ao seu plano de tarifários.

Quanto ao Operador C, que partiu inicialmente com uma maior quota de mercado, vê esta posição ameaçada pelo crescimento do Operador B. No entanto, como apresenta um *cash-balance* bastante elevado, e confiante na qualidade do seu serviço, opta também ele por uma política de continuidade ajustando somente o valor da tarifa de instalação para metade.

A Tabela 5-7 resume as opções de cada um dos três operadores, no final das primeiras 12 unidades de tempo:

	Operador A	Operador B	Operador C
Tarifa de Instalação	Sem alterações	Sem alterações	25€
Mensalidade Pacote 1	46€	Sem alterações	Sem alterações
% Utilizadores Pacote 1	Sem alterações	Sem alterações	Sem alterações
Mensalidade Pacote 2	42€	Sem alterações	Sem alterações
% Utilizadores Pacote 2	Sem alterações	Sem alterações	Sem alterações

Tabela 5-7. Ajustes efectuados à oferta dos operadores ao fim de 12 unidades de tempo

Passado novo período de 12 unidades de tempo, a configuração de mercado é a apresentada na Tabela 5-8:

	Operador A	Operador B	Operador C
Nº utilizadores possível de atingir	102.509	140.019	107.473
Quota de mercado	29,29%	40,01%	30,39%
Nº de clientes actual	37.133	50.721	38.931

Tabela 5-8. Distribuição de mercado ao fim de 24 unidades de tempo

O Operador A, voltou a perder uma percentagem mínima da sua quota de mercado, mas inferior à quota perdida anteriormente. Uma vez que já efectuou reduções na mensalidade dos seus tarifários durante as primeiras 12 unidades de tempo optou agora por manter os valores das mesmas mas deixa de aplicar a tarifa de instalação para tentar atrair mais alguns clientes novos.

O Operador B, que havia optado por não fazer qualquer alteração, quer a nível de infra-estrutura, quer a nível de tarifários, viu a sua quota de mercado crescer e como tal não vê necessidade de correr riscos a fazer um *upgrade* à sua infra-estrutura ou alterar os seus tarifários, sob pena de que os reflexos a nível de *cash-balance* de tais opções se possam tornar demasiado pesados.

Por último, o Operador C que havia também ele optado por uma política de continuidade, decide reduzir as mensalidades dos seus tarifários e deixar de aplicar uma tarifa de instalação, esperando desta forma conseguir melhorar o seu vector qualidade e recuperar algum do *market-share* que tem vindo a perder até aqui.

A Tabela 5-9 resume as opções de cada um dos três operadores, no final das primeiras 24 unidades de tempo:

	Operador A	Operador B	Operador C
Tarifa de Instalação	Gratuita	Sem alterações	Gratuita
Mensalidade Pacote 1	Sem alterações	Sem alterações	50€
% Utilizadores Pacote 1	Sem alterações	Sem alterações	Sem alterações
Mensalidade Pacote 2	Sem alterações	Sem alterações	42€
% Utilizadores Pacote 2	Sem alterações	Sem alterações	Sem alterações

Tabela 5-9. Ajustes efectuados à oferta dos operadores ao fim de 24 unidades de tempo

5.6.2 Resultados da simulação

Após o final da simulação a quota de mercado de cada operador é a que está apresentada na tabela seguinte:

	Operador A	Operador B	Operador C
Nº utilizadores possível de atingir	110.714	143.421	95.865
Quota de mercado	31,63%	40,98%	27,39%
Nº de clientes actual	44.158	57.204	38.236

Tabela 5-10. Distribuição de mercado no final da simulação (36 unidades de tempo)

A evolução percentual da quota de mercado pode ser observada na Figura 5-42:

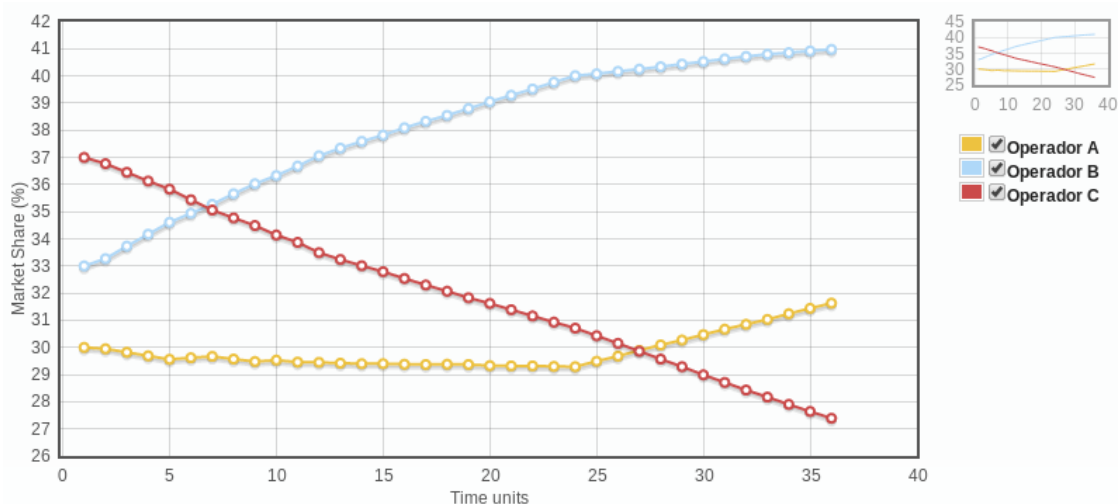


Figura 5-42. Evolução da quota de mercado do operador ao longo do tempo

Os resultados do operador A encontram-se ilustrados na Figura 5-43:

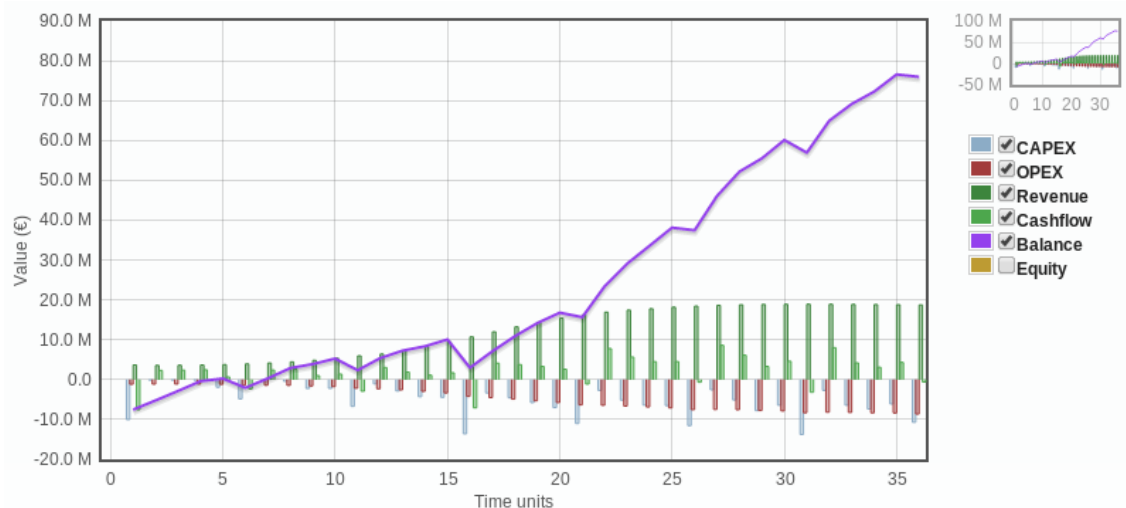


Figura 5-43. Resultados do Operador A no final da simulação

Observando a Figura 5-43, podemos concluir que, à partida, o Operador A terá tomado decisões correctas, pois conseguiu aumentar a sua quota de mercado ultrapassando inclusive a do Operador C. Possui também a menor despesa em CAPEX, uma vez que era o operador com menor número de clientes. E mesmo durante o seu período de crescimento, este não foi suficientemente acentuado para que as despesas em CAPEX crescessem o suficiente para ultrapassar as dos restantes operadores.

Para o Operador B, os resultados encontram-se ilustrados na Figura 5-44:

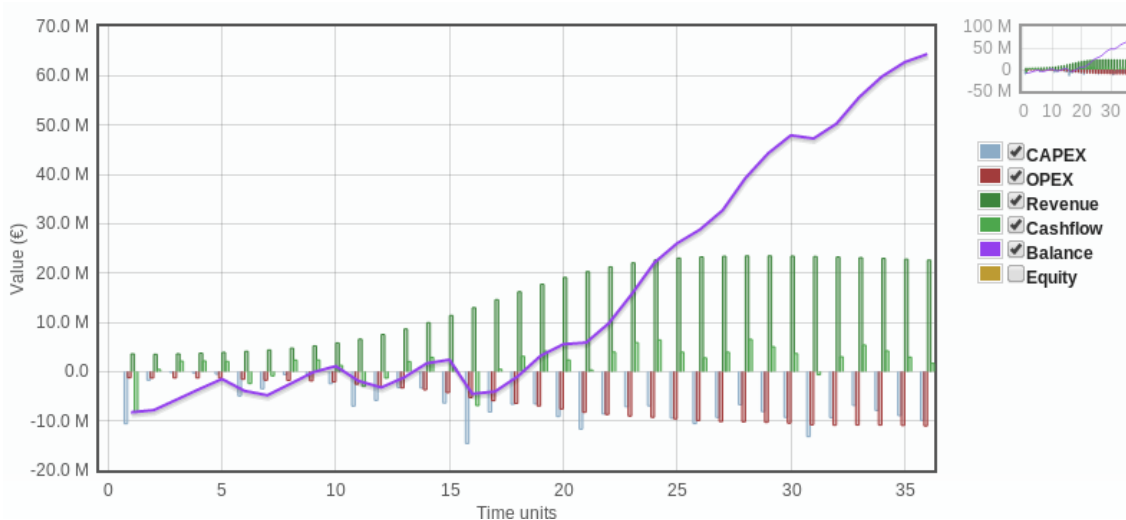


Figura 5-44. Resultados do Operador B no fim da simulação

O Operador B é de todos o menos ousado. Durante o período de estudo optou por uma política de continuidade, sem efectuar qualquer *upgrade* à sua infra-estrutura e mantendo sempre tarifários com valores bastante inferiores aos da concorrência,

especialmente na componente da mensalidade. Este operador terminou este caso de estudo como líder de mercado, por uma larga margem em relação aos seus concorrentes, graças às suas mensalidades iniciais reduzidas. Por esta razão, é também aquele que apresenta maiores despesas em CAPEX e OPEX devido à entrada constante de novos clientes, o que faz com que seja aquele com menor saldo no final da simulação.

Relativamente ao Operador C, os resultados estão ilustrados na Figura 5-45:

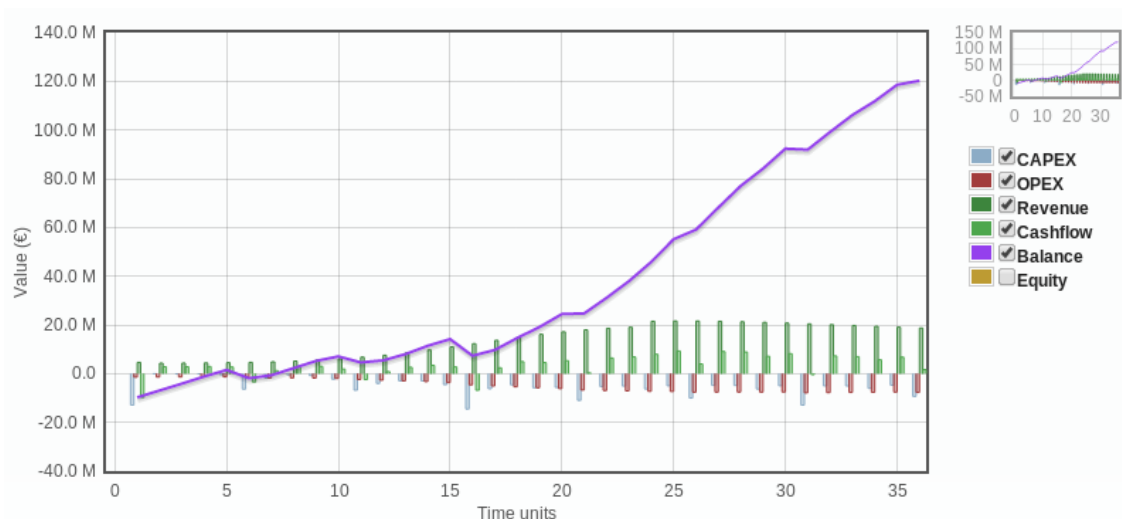


Figura 5-45. Resultados do Operador C no fim da simulação

Por último, o Operador C optou por reduzir os seus tarifários apenas na fase final do projecto de estudo, o que no entanto não lhe permitiu recuperar o *market share* que detinha inicialmente, uma vez que o mercado terá dado primazia à elevada qualidade de serviços disponibilizados pelo Operador B a um custo inicial mais reduzido. Contudo, o Operador C é aquele que apresenta maior *cash-balance* no final deste caso de estudo, principalmente por ser o operador que detinha maior *market-share* no início do projecto.

5.6.3 Resultados económicos relevantes

Na Tabela 5-11 são apresentados os resultados económicos mais relevantes para a avaliação do projecto, para cada operador: TIR, VAL e Período de Recuperação.

	Operador A	Operador B	Operador C
VAL	7.514.250,00 €	2.497.157,00 €	11.328.840,00 €
TIR	19,8%	12,4%	20,2%
Período de Recuperação	6	18	7

Tabela 5-11. Resultados económicos mais relevantes dos vários operadores presentes no caso de estudo

A Figura 5-46 mostra a evolução ao longo do projecto, do *cash-balance* de cada operador:

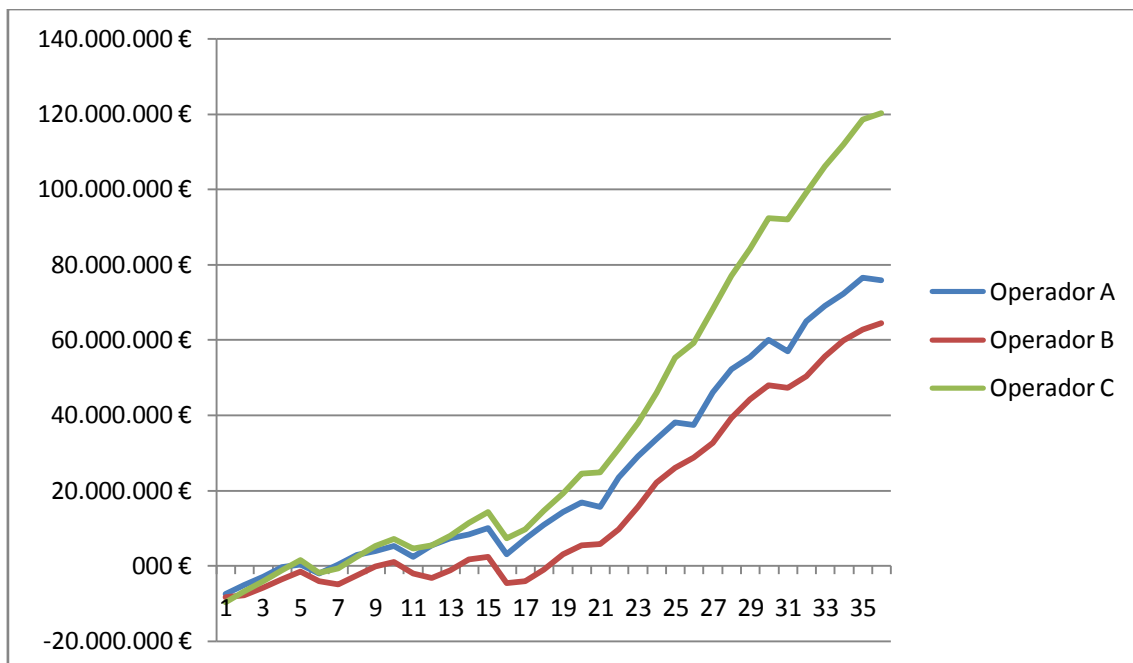


Figura 5-46. Evolução do *cash-balance* dos operadores presentes no caso de estudo

O Operador A é aquele que apresenta um período de recuperação mais reduzido devido à estabilidade na sua quota de mercado; é seguido pelo Operador C que graças ao seu *market-share* inicial bastante elevado conseguiu um retorno elevado no primeiro terço da simulação; por último vem o Operador B com o tempo de recuperação mais elevado devido às despesas crescentes que teve com a aquisição e manutenção de equipamentos, consequência do crescimento contínuo da sua quota de mercado.

Devido ao facto de os investimentos quer de substituição, quer de aquisição de novos equipamentos, fruto de um aumento do número de clientes, serem constantes, os três operadores não vão apresentar um VAL tão elevado quanto seria de esperar, principalmente verificável para o Operador B. Já a taxa interna de rentabilidade dos três operadores é bastante semelhante, tornando os projectos atractivos. No que respeita ao Operador B, esta é inferior não deixando contudo de ser bastante razoável.

6 Considerações finais

Serve o presente capítulo para apresentar algumas conclusões relativamente ao trabalho desenvolvido bem como alguns dos problemas encontrados no decorrer do mesmo. Faz-se também um pequeno levantamento sobre trabalho que poderá ser realizado no futuro de modo a que se possa enriquecer este projecto.

6.1 Conclusões

A partir dos requisitos impostos e algumas especificações criadas e nunca descurando quais os recursos disponibilizados no GSBL, foi efectuada a escolha das tecnologias/ferramentas usadas no desenvolvimento deste projecto, conseguindo-se assim uma plataforma implementada unicamente com recurso a *software* livre.

Durante o trabalho descrito nesta dissertação foram focados vários aspectos de engenharia e de análise tecno-económica associados a redes de acesso de nova geração.

Foi efectuada alguma pesquisa e análise relativamente a outras ferramentas de análise tecno-económica de projectos de investimento em redes de telecomunicações. Daí foi possível constatar que a larga maioria destas ferramentas não se enquadra devidamente no estudo de cenários que explorassem simultaneamente a dinâmica de concorrência entre múltiplos operadores (a competirem pela cota de mercado num mesmo cenário) e a incerteza da reacção do mercado face à oferta de novos serviços.

Encontrou-se no entanto uma ferramenta que se aproxima bastante do pretendido, mas apesar de tudo essa ferramenta apresenta limitações de usabilidade, nomeadamente no que diz respeito à falta escalabilidade relativamente à inserção de novos elementos (desde operadores a equipamentos de rede) num cenário de simulação.

A escalabilidade e versatilidade são assim alguns dos pontos mais fortes desta ferramenta/plataforma *Web*. Isto claro aliado ao carácter didáctico desta plataforma do ponto de vista da engenharia e à possibilidade interacção entre utilizadores fisicamente presentes em diversos pontos do globo.

Face ao exposto, é de concluir que apesar de todas as dificuldades inerentes a este projecto, os objectivos que despoletaram a elaboração desta dissertação terão sido na sua maioria atingidos com sucesso.

6.2 *Trabalho futuro*

Este é um trabalho que deverá necessitar de algum acompanhamento ao longo do tempo por modo a garantir que os modelos matemáticos utilizados sejam sempre os mais adequados face à investigação que possa vir a ser efectuada no futuro garantindo assim que os dados obtidos reflectem a realidade actual da forma mais fiel possível.

Ainda pelo carácter de manutenção evolutiva que este trabalho poderá vir a ter, seria útil ir actualizando as ferramentas (PHP, Apache e MySQL) utilizadas para as versões mais recentes para que se tente sempre tirar partido das actualizações que implementem melhorias na performance e/ou segurança, bem como correção de *bugs*. Esta actualizações devem claro ser efectuadas garantindo sempre a compatibilidade com o trabalho desenvolvido ou que o mesmo seja também devidamente ajustado.

Seria também útil criar um manual *online* para a plataforma bem como adicionar o suporte a outras línguas para além do inglês.

A par com estas ferramentas para ambiente *web* será também interessante efectuar a adaptação do projecto da versão 1.4 para versão 2.3 (última *major version* disponível à data de escrita desta dissertação) da *framework* utilizada (*Symfony*) para garantir a continuidade e longevidade desta plataforma.

Seria pertinente efectuar testes de desempenho ao comportamento da plataforma em cenários extremos de grandes elementos associados a um *case-study*. Ficam algumas sugestões apenas a título de exemplo:

- Grandes quantidades de operadores associados a um mesmo cenário;
- Arquitecturas de rede com um número elevado de elementos/equipamentos associados e obviamente em níveis distintos;
- Execução de várias simulações distintas em simultâneo.

Seria igualmente interessante efectuar alguns testes de stress à máquina actualmente utilizada para alojar a plataforma desenvolvida de modo a perceber melhor quais os limites providenciados pelos seus recursos. Isto poderá ser importante se quisermos futuramente pensar numa perspectiva de escalabilidade para a plataforma.

7 Referências bibliográficas

1. **Duarte, A. Manuel de Oliveira.** *Rede e Serviços de Telecomunicações: Conceitos, Modelos e Estruturas Fundamentais das Redes de Telecomunicações*. Universidade de Aveiro. 2009. Notas de estudo.
2. **Duarte, A. Manuel de Oliveira, Coelho, S., Carrilho, D. C., Madureira, R. C., Silva, J. M., & Félix, H. S.** *Custos Associados às Infraestruturas de Telecomunicações à Escala Local*. Relatório Interno. Aveiro: GSBL. 2011
3. **Abecassis, Fernando e Cabral, Nuno.** *Análise Económica e Financeira de Projectos*. 3ª Edição. 1991.
4. **Barros, Hélio.** *Análise de Projectos de Investimentos*. s.l. : Edições Silabo, 1991.
5. **Jardim, Jorge.** *Planeamento de Redes e Serviços de Telecomunicações*. Universidade de Aveiro. 2000. Relatório de Projecto. Orientador: Duarte, A. Manuel de Oliveira.
6. *The relevant internal rate of return.* **Hartman, Joseph C. e Schafrick, Ingrid C.** 49, 2004, The Engineering Economist.
7. **Duarte, A. Manuel de Oliveira.** *Análise Tecno-Económica de Redes de Telecomunicações*. Universidade de Aveiro. 2009. Notas de estudo.
8. **Félix, Hugo Silveirinha.** *Análise Tecno-Económica em Telecomunicações: Ferramentas de cálculo*. Universidade de Aveiro. 2010. Dissertação de mestrado. Orientador: Duarte, A. Manuel de Oliveira.
9. *Entrepreneursip Training: a case study in Engineering Students.* **Duarte, A. Manuel de Oliveira, et al.** Gliwice, Polónia : s.n., 2010. International Conference on Engineering Education.
10. **Montagne, R., et al.** *001930 BROADWAN Deliverable D21 Planning guidelines for broadband access networks with case studies*. 2006.

11. **Araújo, Marco.** *Planeamento e Dimensionamento de Redes WiMAX.* s.l. : LULU, 2009.
12. **Duarte, A. Manuel de Oliveira.** *Ferramentas de Análise Tecno-Económica e Planeamento para Redes de Acesso.* Universidade de Aveiro. Aveiro : s.n., 2009. Notas de estudo.
13. **Duarte, A. Manuel de Oliveira, & Coelho, Sara.** *Fibra Óptica na Rede de Acesso: Tecnologias e Soluções.* Universidade de Aveiro. 2010
14. *A evolução das NGA.* 01.02.2011. ANACOM.
15. *Cable Network Handbook.* Cable Europe Labs. 2009
16. **Stallings, William.** *Data and Computer Communications.* Prentice Hall. 2004
17. **Casier K.** *Techno-Economic Evaluation of a next Generation Access Network Deployment in a Competitive Setting.* Universidade de Gent. 2009. Tese de doutoramento.
18. About JavaScript. MDC. [Online] Mozilla, 2010. https://developer.mozilla.org/en/About_JavaScript.
19. **Duarte, A. Manuel de Oliveira.** *Modelos de previsão: adopção e abandono de tecnologias e produtos.* Universidade de Aveiro. 2011. Notas de estudo.
20. AJAX Introduction. *w3schools.com.* [Online] http://www.w3schools.com/ajax/ajax_intro.asp.
21. October 2013 Web Server Survey. *Netcraft.com* [Online] <http://news.netcraft.com/archives/2013/10/02/october-2013-web-server-survey.html>
22. Documentation for symfony 1.x. *symfony.com.* [Online] <http://symfony.com/legacy/doc>
23. **Marques, Alexander Nogueira.** *Serviços Web para Planeamento e Análise Económica de Redes.* Universidade de Aveiro. 2010

Apêndice A. Ferramentas de suporte à análise tecno-económica

Quando se efectua a avaliação de várias soluções de engenharia para redes de acesso, torna-se necessário recorrer a ferramentas que assistam à mesma, nomeadamente, ferramentas de análise tecno-económica e, em alguns casos, de planeamento.

Actualmente, existem diversas ferramentas vocacionadas para este tipo de trabalhos [12]. Contudo, neste contexto, convém distinguir as ferramentas pela sua finalidade:

1. Ferramentas de análise tecno-económica;
2. Ferramentas de planeamento e gestão de engenharia.

As ferramentas de análise tecno-económica têm como finalidade avaliar e comparar soluções aplicadas a diferentes cenários. Normalmente, estas ferramentas destinam-se a lidar com valores sem grande detalhe, não servindo para o dimensionamento exacto das soluções consideradas nem para a obtenção de custos precisos.

As ferramentas do tipo indicado no segundo ponto destinam-se à especificação e gestão das diferentes actividades associadas a projectos de redes de telecomunicações, entre as quais o escalonamento e agendamento das operações, o planeamento de recursos necessários para a infra-estrutura a implementar, entre outras.

Na globalidade das ferramentas de apoio à análise tecno-económica, existem ferramentas que reúnem alguns atributos de ambas as tipologias acima descritas, bem como outras que só reúnem um subconjunto dos requisitos de uma delas.

Apresentam-se de seguida alguns exemplos de ferramentas que se destinam ao apoio à análise tecno-económica, apenas com o intuito de as dar a conhecer, sem entrar em grande detalhe.

A.1 *Cesim SimFirm*

Esta ferramenta tem como principal objectivo familiarizar os utilizadores para o negócio das telecomunicações, na vertente da relação com o público-alvo [12]. A sua finalidade é espelhar, ao invés de prever, o comportamento dos clientes em função de eventos e fenómenos simulados.

Trata-se já de uma ferramenta colaborativa que impõe um certo ritmo competitivo aos participantes. O objectivo dos utilizadores é atribuir preços e providenciar promoções na sua oferta de serviços de telecomunicações. Existe também um foco no investimento na infra-estrutura e em investigação e desenvolvimento.

A oferta de serviços é comum a todas as equipas e é feita a dois tipos de clientes: residenciais e empresariais. Esta oferta consiste em serviços de chamadas fixos e móveis, que é comum às duas classes de clientes. A oferta difere no serviço de dados: os clientes residenciais têm acesso a um serviço fixo de dados, enquanto que os clientes empresariais têm acesso a um serviço de dados móvel.

Apesar desta ferramenta simular um mercado e permitir a participação de vários operadores, a sua principal preocupação é o modelo de negócio, na óptica corporativa, acabando por não permitir trabalhar a solução de engenharia do projecto, o que invalida o rigor da análise tecno-económica efectuada. Outra limitação é o facto de o utilizador não poder ser capaz de alterar todos os parâmetros aos quais tem acesso.

A.2 *TEA Tool*

Esta é uma ferramenta disponibilizada pela *WiTech* e que contém um vasto conjunto de funcionalidades para análise de projectos com implementação de soluções utilizando as tecnologias LTE ou WiMAX. Efectua análises bastante pormenorizadas sobre as várias áreas abrangidas pelo projecto, sendo 4 as componentes principais:

- Análise de mercado (geografia, demografia, etc);
- Análise do ponto de vista técnico, chegando mesmo ao detalhe de quais as modulações de sinal utilizadas;
- Análise dos indicadores económicos e financeiros;
- Análise de sensibilidade ao cenário.

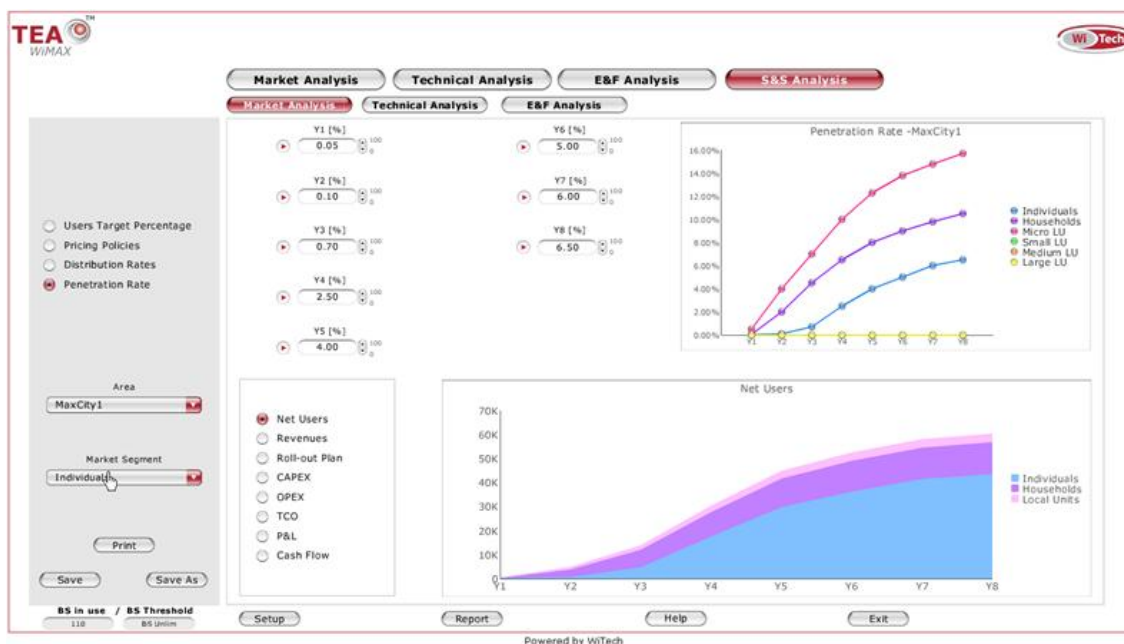


Figura A-1. Imagem ilustrativa do *TEA tool* para tecnologia WiMAX

Esta é uma ferramenta bastante completa e que consegue atingir vários dos objectivos que se pretendem atingir com este projecto. Falha no entanto em dois factores essenciais: é uma aplicação apenas de execução local; e é apenas orientada à utilização por parte de um único operador. Para além disto, esta é uma ferramenta que já não é actualizada desde Dezembro de 2011.

A.3 *Tonic tool*

Ao longo de praticamente uma década, várias organizações, através da sua participação em projectos financiados pela Comunidade Europeia, empreenderam esforços no sentido de criar uma ferramenta de análise tecno-económica, à qual chamaram *TONIC*.

Trata-se de uma ferramenta bastante completa, embora não possibilite a simulação de mercados em ambiente de concorrência. Por outro lado, é bastante difícil aceder e alterar a forma de cálculo de um conjunto de parâmetros importantes.

O desenvolvimento desta ferramenta não foi pacífico, devido ao facto dos ambientes de desenvolvimento usados estarem em constante mutação. Tal situação levou a que a ferramenta não fosse desenvolvida a partir de 2001, o que fez com que não fosse possível usá-la em sistemas operativos posteriores ao *Windows 98*.

A.4 Strategic Telecoms Evaluation Model (STEM)

Este conjunto de ferramentas simula a procura de serviços em cenários que podem variar geograficamente e gera os respectivos valores de proveitos, CAPEX, OPEX e investimentos, sejam eles de instalação ou substituição. A análise dos resultados pode ser feita graficamente através do motor de gráficos incluído, uma vez que permite visualizar individualmente o comportamento das receitas e despesas.

O STEM também permite obter valores afectados por impostos e taxas de juro de empréstimos bancários, permitindo assim o acesso a balanços completos.

Estas ferramentas foram construídas com o intuito de permitir ao utilizador focar a sua atenção nos aspectos de engenharia da rede, bem como no modelo de negócio, deixando para o STEM o cálculo preciso dos custos, proveitos, indicadores, etc.

O STEM também é flexível o suficiente para permitir alterações frequentes ao modelo de negócio, com o intuito de moldar com maior eficácia o comportamento de um operador.

A.5 Ferramenta elaborada no trabalho descrito em [8]

Esta ferramenta providencia uma análise tecno-económica num mercado onde 3 operadores competem entre si o mercado atribuído. Já existe um mecanismo de concorrência como descrito na secção 3.2.

A noção de qualidade descrita na secção 3.3 também se encontra presente.

No cálculo dos investimentos, é considerada a idade dos equipamentos já instalados, existindo o recurso a investimentos de substituição.

Cada operador pode construir a sua oferta de serviços e optar pela tipologia de rede que melhor serve os seus propósitos.

A sua maior limitação será o facto de estar implementada em Excel, o que limita seriamente a sua escalabilidade.

A.6 Análise das ferramentas apresentadas

Estas ferramentas, embora sejam implementações parciais do que é o propósito deste trabalho, têm associadas algumas limitações que acabam por ser fracturantes no que toca à sua utilização.

Tratam-se de ferramentas localizadas, ou seja, são feitas para execução local, excepto o *Cesim SimFirm* mas, neste caso, o foco da implementação acaba por ser um aspecto diferente do que se pretende tratar.

Pretende-se que a ferramenta aqui descrita sirva para um maior contacto com o negócio das telecomunicações, na óptica da engenharia, em que os utilizadores sejam capazes de construir a sua oferta de serviços e a solução tecnológica que serve de suporte aos mesmos. Não é descurada a componente económica, mas esta é construída de uma forma simples.

Tendo em conta a análise efectuada, a ferramenta que mais se aproxima do que é pedido é a ferramenta descrita na secção A.5.

Apêndice B. Diagrama de classes

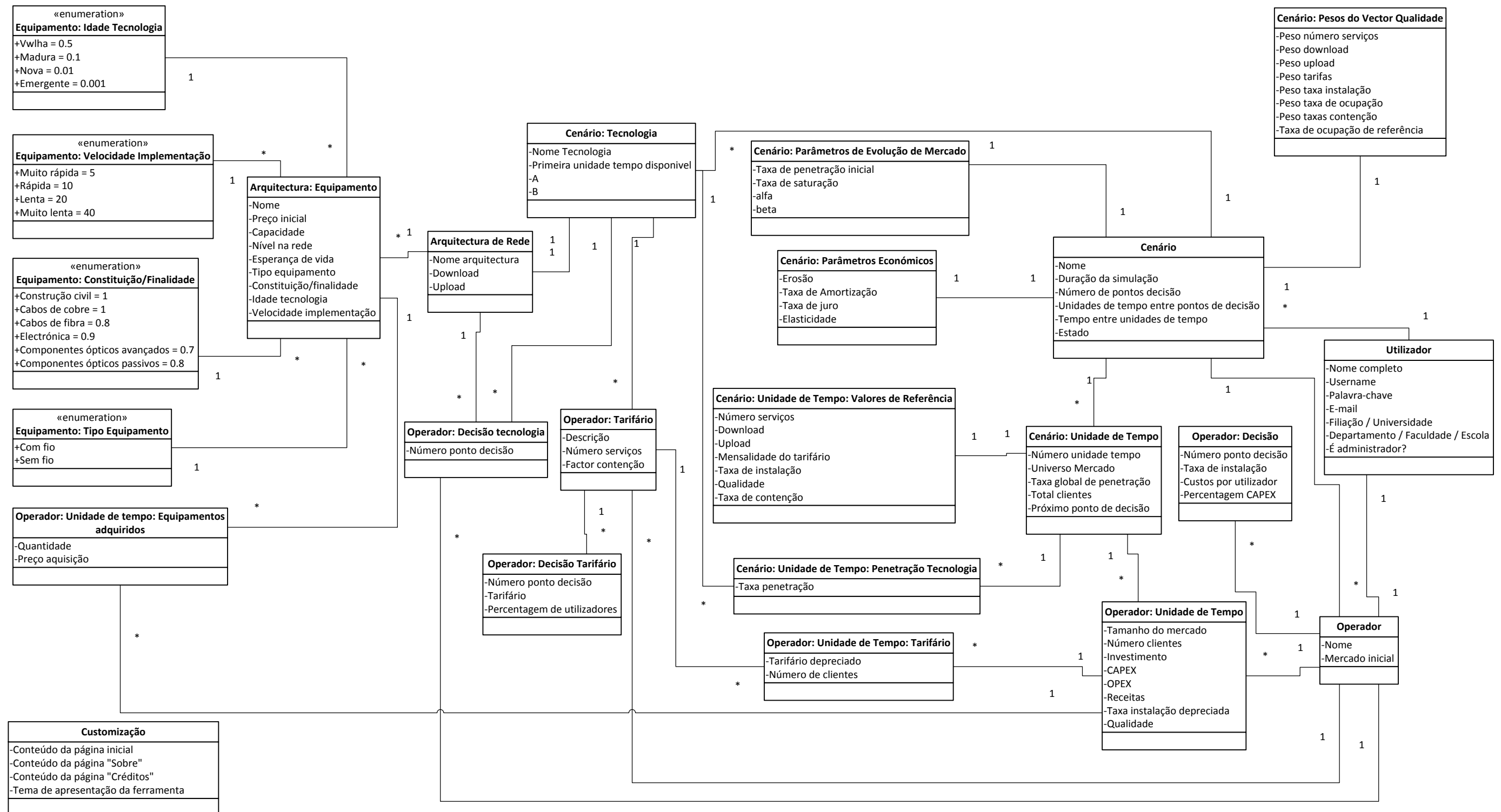


Figura B-1. Diagrama de classes da ferramenta

Apêndice C. Ferramentas e tecnologias usadas no desenvolvimento da plataforma

Um dos requisitos para este projecto era a preparação de um ambiente de desenvolvimento *Web* com recurso a ferramentas disponíveis de forma gratuita. Em acréscimo este projecto servirá também para tentar definir e estruturar um conjunto de ferramentas que possam ser utilizadas em futuros projectos no GSBL (Grupo Sistemas de Banda Larga) da UA (Universidade de Aveiro).

Atendendo a estes requisitos optou-se pela utilização um pacote de *software* livre e *opensource* usualmente conhecido por LAMP (*Linux*, *Apache*, *MySQL* / *MariaDB*, *PHP* / *Perl* / *Python*). No caso específico deste projecto será utilizado como sistema operativo *Linux* o *Ubuntu Server* e adicional as ferramentas serão usados o *Apache* como servidor *web*, o *MySQL* como sistema de gestão de base de dados (SGBD) e o *PHP* como linguagem de *scripting* CGI (*Common Gateway Interface*).

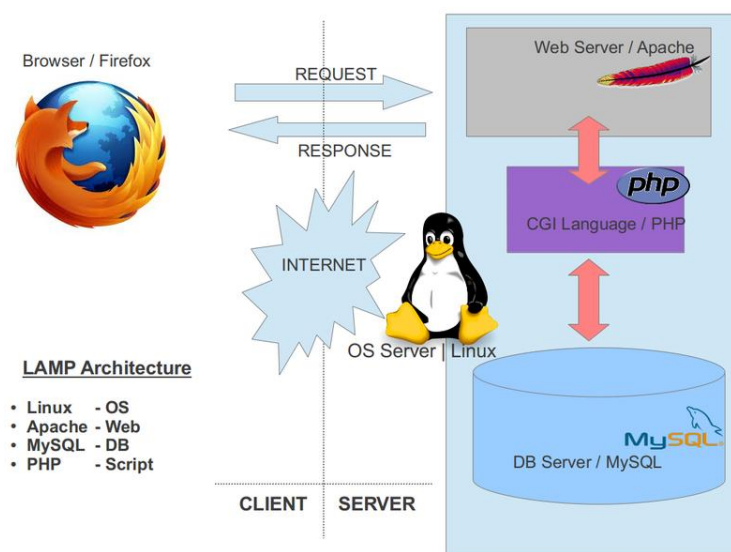


Figura C-1. Arquitectura de um pacote de *software* LAMP

C.1 *Ubuntu Server*

O *Ubuntu* é actualmente o sistema operativo livre mais utilizado, disponível nas versões para *desktop* e servidor, sendo que esta última não disponibiliza uma interface

gráfica do utilizador, em inglês *Graphical User Interface* (GUI), já pré-instalada. O facto de disponibilizar em simultâneo estas duas versões permite ao programador ter um ambiente de desenvolvimento bastante semelhante ao que irá estar presente no servidor onde a aplicação *web* por si desenvolvida vai estar disponível publicamente.

Foi instalada a versão 12.04, a versão mais recente do *Ubuntu* com LTS (*Long Term Support*) à data de escrita deste documento, num servidor disponível no GSBL onde irá ser alojada a versão final da plataforma desenvolvida no âmbito deste trabalho.

C.2 Apache

O *Apache*, ou *Apache HTTP Server* mais precisamente, é uma aplicação de servidor *web* de utilização livre, sendo actualmente mais usada pela comunidade de programadores e administradores de sistemas para disponibilizar conteúdo na *internet* (ver Figura C-2), sejam simples *sites* ou aplicações *web* mais complexas.

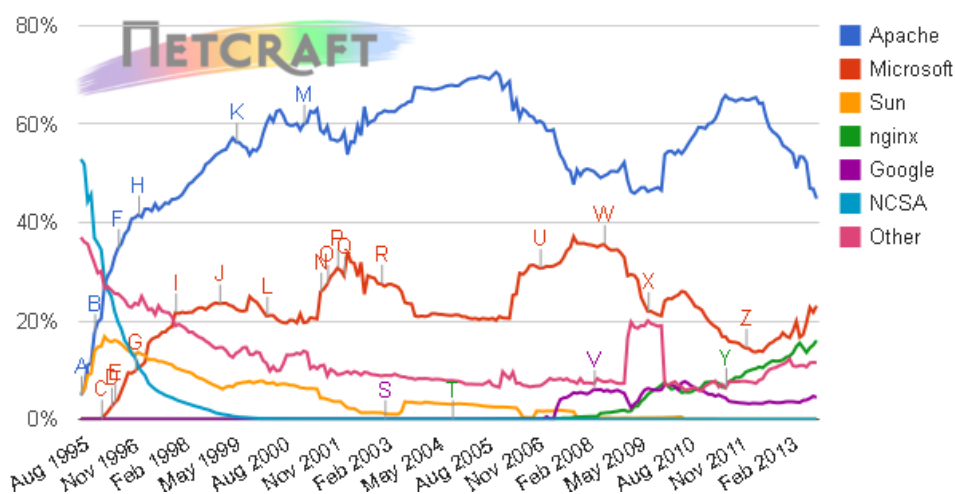


Figura C-2. Sondagem da cota de mercado dos vários *web servers* disponíveis (Outubro 2013) [21]

Para além do facto de ser um *software* livre, um dos principais factores para a popularidade do *Apache* é o suporte para praticamente todos os sistemas operativos normalmente usados em servidores, tais como: *Windows*, *Linux*, *OS X*, *AIX*, *IBM i*, etc.

Esta popularidade ajuda a que tenha uma grande comunidade em torno deste projecto, mantendo-o devidamente actualizado e também providenciando a documentação necessária para os seus utilizadores.

C.3 *MySQL Server*

O *MySQL* é um sistema de gestão de bases de dados (SGBD), detido actualmente pela *Oracle Corporation*, que utiliza a linguagem SQL (*Structured Query Language*) como *interface*. Este SGBD é uma referência no mercado actual principalmente no que diz respeito a *software* gratuito sendo utilizado por grandes empresas como a *Google*, a *Adobe* ou o *Facebook*.

Esta é uma aplicação que não disponibiliza por omissão qualquer tipo de ferramenta com GUI (*Graphical User Interface*) para efectuar a gestão das bases de dados ou da informação nelas contida. Para efectuar esta gestão será necessário o recurso a outras ferramentas auxiliares como o *MySQL Workbench*, também gratuito, ou em alternativa fazer uso das ferramentas de linha de comando já incluídas.

C.4 *PHP*

PHP (acrónimo recursivo para "*PHP: Hypertext Preprocessor*", originalmente *Personal Home Page*) é uma linguagem de programação de computadores interpretada apenas para o desenvolvimento de aplicações que estão presentes e actuam no lado do servidor, capazes de gerar conteúdo dinâmico na *World Wide Web* (WWW).

O código é interpretado no lado do servidor pelo módulo PHP, que também gera a página *web* a ser visualizada no lado do cliente. A linguagem evoluiu, passou a oferecer funcionalidades em linha de comando, e além disso, ganhou características adicionais, que possibilitaram usos adicionais do PHP, não relacionados a *web sites*. É possível instalar o PHP na maioria dos sistemas operacionais, gratuitamente.

C.5 *Symfony*

O *Symfony* é uma *framework* construída em PHP e pensada para ser vista simultaneamente com uma caixa de ferramentas e uma metodologia e principalmente para uma aplicação mais facilitada do padrão MVC (*Model-View-Controller*).

Uma caixa de ferramentas no sentido em que disponibiliza um conjunto de componentes de *software* “pré-fabricados” e rapidamente integráveis, diminuindo assim a quantidade de código que é necessário escrever e ao mesmo tempo o risco de erros.

Uma metodologia dado que apresenta um “diagrama de montagem” para as aplicações. Uma abordagem estruturada pode parecer constrangedora de início mas na realidade permite aos programadores trabalhar de uma forma mais eficiente e eficaz sobre os aspectos mais complexos de uma tarefa.

C.5.1 Model-View-Controller (MVC)

O padrão MVC separa uma aplicação em 3 componentes principais: o modelo (*Model*), a vista (*View*) e o controlador (*Controller*).

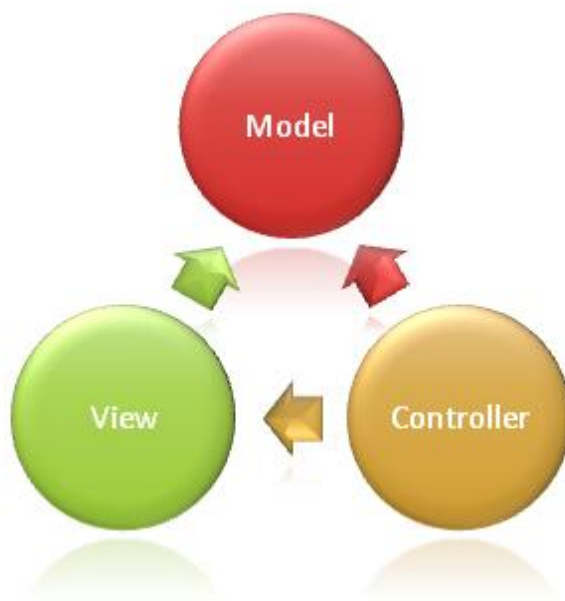


Figura C-3. Componentes do padrão MVC

Como já referido, e como podemos observar na Figura C-3, existem 3 componentes base no padrão MVC:

- Modelo (*Model*) – Este tipo de objectos, numa aplicação, consiste na representação do domínio de dados. Frequentemente, os modelos referem-se a objectos de uma base de dados.
- Vista (*View*) – As vistas são os componentes que mostram a interface de utilizador da aplicação. Habitualmente, esta interface é criada com base nos dados providenciados pelos modelos.
- Controlador (*Controller*) – Os controladores são os objectos que interpretam a interacção com o utilizador e seleccionam uma vista para processar o pedido.

O padrão MVC facilita a criação de aplicações que separam os diferentes elementos (acesso a dados, processamento de dados e interface), enquanto providencia uma interligação entre os mesmos.

C.5.2 Doctrine ORM

Para ajudar à implementação seguindo o padrão MVC é útil fazer uso de um componente denominado *Object Relational Mapper* (ORM). Este componente mapeia os nossos objectos/classes para uma base de dados relacional (como o *MySQL*, *PostgreSQL* ou *MicrosoftSQL*) facilitando assim a interacção entre a lógica operacional da ferramenta e o sistema de gestão de base de dados.

Para este projecto foi utilizado o Doctrine ORM, que apesar de ser opcional no que diz respeito à implementação baseada em *Symfony* está suficientemente testada e ajustada para uma boa integração com a mesma.

C.6 Eclipse IDE

Para auxiliar no desenvolvimento de projectos em PHP (bem como em outras linguagens) é útil fazer uso de um *Integrated Development Environment* (IDE). Uma vez que este tipo de projectos pode atingir uma dimensão considerável e os IDEs apresentam um conjunto de ferramentas úteis para gerir e estruturar devidamente o código desenvolvido será interessante tirar partido de tais ferramentas.

No desenvolvimento deste projecto foi utilizado como IDE o *Eclipse* por motivos de familiarização com esta ferramenta bem como o facto de ser um *software*

livre. Apesar de ter sido originalmente criado como um IDE para *Java*, com o auxílio a um *plugin* adicional, o *PHP Development Tools*, este IDE serve perfeitamente para o desenvolvimento em PHP.

C.7 *JavaScript*

Inicialmente desenvolvida pela *Netscape*, e actualmente mantida pela *Mozilla Foundation*, esta linguagem de *scripting* é bastante usada na criação de aplicações Web.

Embora use o nome “*Java*”, as semelhanças entre *JavaScript* e *Java* restringem-se à sintaxe [18]. A principal diferença encontra-se na definição de objectos. Enquanto são definidas classes em *Java*, com especificação dos tipos dos atributos, em *JavaScript* os objectos são de tipos “anónimos”.

Os objectos são criados adicionando métodos e propriedades a objectos vazios no início da execução, ao invés da definição sintáctica habitualmente usada em *C++* e *Java*. Uma vez construído, um objecto pode servir de protótipo para criar objectos semelhantes.

C.7.1 *jQuery*

Esta biblioteca *JavaScript* foi desenvolvida com o intuito de simplificar o desenvolvimento de *HyperText Markup Language* (HTML) do lado do cliente.

Com o recurso a esta biblioteca, facilmente se manipulam os elementos HTML que se encontram disponíveis na página, com poucas linhas de código.

Através da execução das funções desta biblioteca, facilmente se aplicam estilos “*eye candy*” aos elementos HTML, fazem-se animações e também se torna mais fácil a implementação de funcionalidades com recurso a *Asynchronous JavaScript And XML* (AJAX).

C.7.2 *Flot*

O *Flot* é uma biblioteca de *JavaScript* para *jQuery* de simples utilização que permite a criação de traçados baseados num mapeamento de pontos. Será esta biblioteca que servirá de suporte para o desenho de vários gráficos presentes na plataforma visto

ser de uma integração relativamente simples e ser possível obter gráficos com um visual atractivo e algumas funcionalidades de interacção.

Para além disso providencia suporte para várias versões de múltiplos navegadores da *web* como o *Internet Explorer* (versões 6+), o *Google Chrome*, o *Mozilla Firefox* (versões 2+), o *Safari* (versões 3+) e o *Opera* (versões 9.5+).

C.7.3 AJAX

Trata-se de uma tecnologia que permite às páginas *Web* serem actualizadas de forma assíncrona, comunicando dados com o servidor em segundo plano [20]. Isto permite actualizar partes de uma página sem que seja necessário actualizar a página completa.

De uma forma comum, são efectuados os pedidos pelo *browser*, com recurso a *JavaScript* e XML, sendo então enviados para o servidor. Uma vez no servidor, os dados são processados e são construídas as respectivas respostas, sendo estas enviadas para o *browser*. Quando são recebidas as respostas, é usado *JavaScript* no processamento dos dados devolvidos e na actualização dos dados afectados. Podemos verificar o funcionamento na Figura C-4:

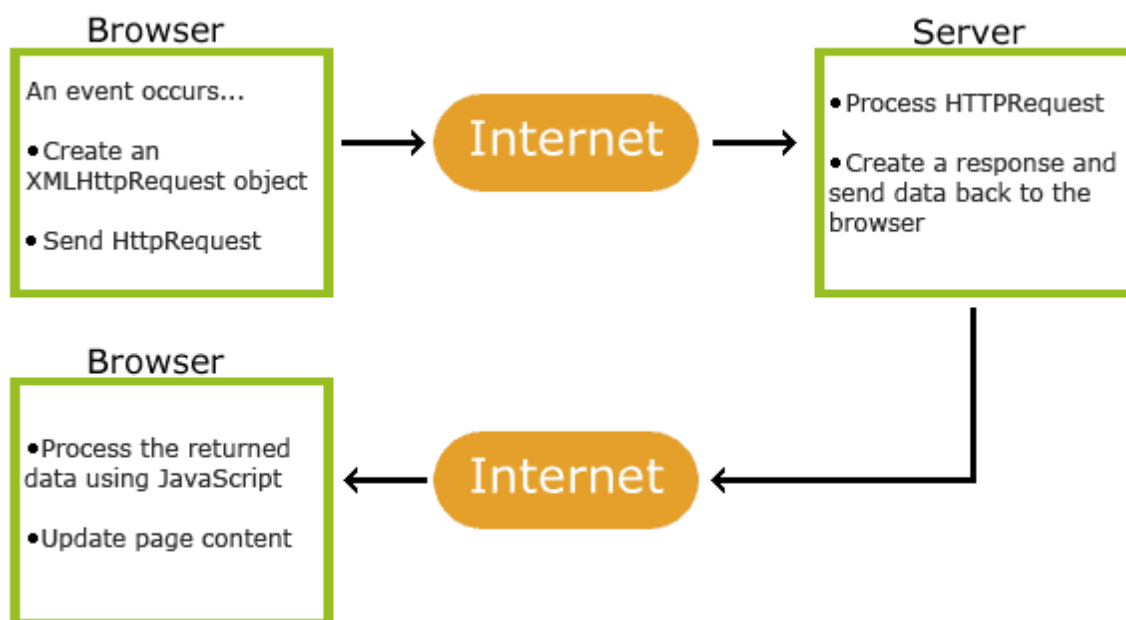


Figura C-4. Funcionamento de um pedido AJAX [20]

Como podemos ver pela Figura C-4, o funcionamento de um pedido AJAX é feito da seguinte forma:

1. Ocorre um evento no *browser*
 - a. Através de *JavaScript*, é preparado um objecto *XMLHttpRequest*, que irá conter toda a informação necessária ao pedido (URL, parâmetros, entre outras)
 - b. É enviado o pedido ao servidor
2. Servidor recebe o pedido
 - a. É processada a informação do pedido
 - b. É construída a resposta, usando notação XML
 - c. É enviada a resposta ao browser
3. *Browser* recebe resposta
 - a. São processados os dados usando *JavaScript*
 - b. São actualizados os conteúdos afectados

Apêndice D. Diagrama físico da base de dados

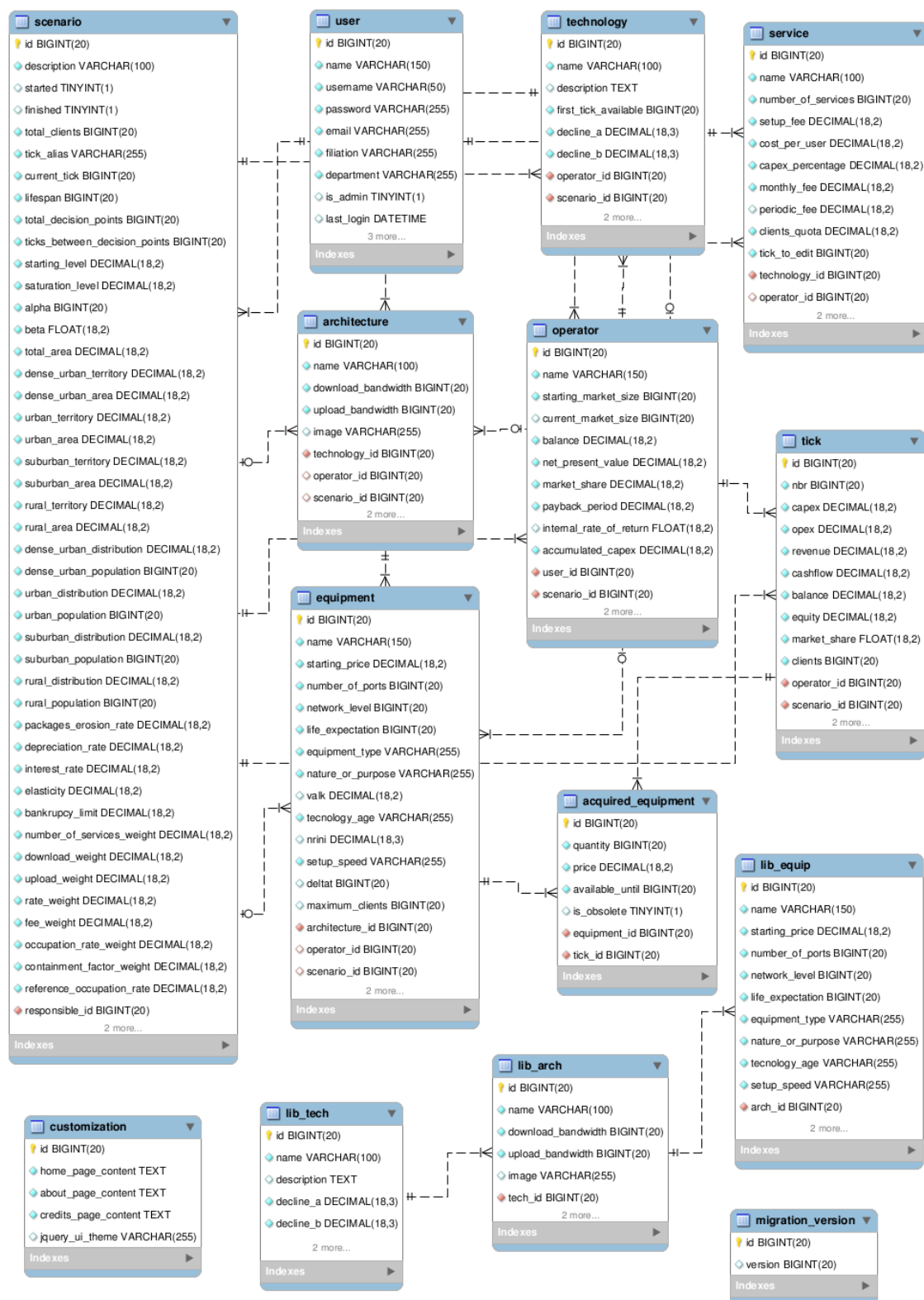


Figura D-1. Diagrama físico da base de dados